

Joel Kirjola

# TIEDONSIIRRON TOTEUTUS AUTO- LASTAUSJÄRJESTELMÄSSÄ

Opinnäytetyö  
Energiatekniikka

2018



Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Joel Kirjola	Insinööri (AMK)	Toukokuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>  Tiedonsiirron toteutus autolastausjärjestelmässä		46 sivua 0 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>  Ontec Oy		
<b>Ohjaajat</b>  Yliopettaja Merja Mäkelä Automaatioasiantuntija Esa Käyhty		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua Porin Tahkoluodon öljy- ja kemikaalisatamaan rakennettavan bitumin autolastausaseman tiedonsiirron toteuttamiseen. Tarkoituksena oli mallintaa bituminlastauksessa käytettävän sanomaliikenteen käsittely ja siihen liittyvä automaatiojärjestelmän tiedonsiirto. Opinnäytetyössä keskityttiin ensisijaisesti autolastausjärjestelmän ohjelmien ja laitteiden väliseen tiedonsiirtoon ja laitteiden ohjaustoiminnot jätettiin vähemmälle tarkastelulle.</p> <p>Opinnäytetyön alussa esitetään yleiskuvan saamiseksi terminaalissa suoritettavan lastaus-tapahtuman eteneminen kuljettajan näkökulmasta, minkä jälkeen syvennyttään lastausasemalla käytössä oleviin ohjelmisto- ja järjestelmäratkaisuihin, joilla toteutetaan lastaus, kuormanhallinta ja kulunvalvonta. Kulunvalvonnan tukena käytetään RFID-teknologiaa, jolla suoritetaan alueella liikkuvien henkilöiden seuranta lukijoiden avulla. Tämän jälkeen käsitellään lastausaseman autolastausjärjestelmän rakennetta. Järjestelmän ohjaustoiminnot toteutetaan ohjelmoitavalla logiikalla Siemens Simatic S7-1500 ja automaatioverkon erilaisilla väyläratkaisuilla ohjelmien ja laitteiden sekä järjestelmän sanomaliikenteen tiedonsiirto. Autolastauksessa käytössä olevan mittausjärjestelmän tiedonsiirto toteutetaan Modbus-protokollan tuotteilla ja järjestelmän muu tiedonsiirto Profinet- ja Ethernet-väylillä. Työn teoriaosuus laadittiin autolastausjärjestelmän automaatiosta ja tiedonsiirrosta vastaavien asiantuntijoiden tuella.</p> <p>Työn tuloksena saatiin laaja kokonaiskuva autolastausjärjestelmästä ja sen tiedonsiirrosta rakennekaavioina ja kuvauksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää järjestelmän tutustumisohjeena uusille työntekijöille sekä kuljettajille. Modbus-protokollan käyttö oli järjestelmässä uutta, joten siitä esitettiin teoriaa kattavammin. Tätä tietoa voidaan myöhemmin soveltaa muissakin projekteissa. Opinnäytetyöstä saatuja tuloksia voidaan mahdollisesti hyödyntää myös muissa tiedonsiirtojärjestelmien mallintamisissa.</p>		
<b>Asiasanat</b>  lastaus, tiedonsiirto, automaatio		

Author (authors)	Degree	Time
Joel Kirjola	Bachelor of Engineering	May 2018
<b>Thesis title</b>		46 pages 0 pages of appendices
Implementation of the data transfer in the truck loading system		
<b>Commissioned by</b>		
Ontec Oy		
<b>Supervisor</b>		
Merja Mäkelä, Principal Lecturer Esa Käyhty, Automation specialist		
<b>Abstract</b>		
<p>The objective of this thesis was to become acquainted with the implementation of the data transfer at the truck loading station of bitumen which is built on Tahkoluoto oil and chemical harbour at Pori. The goal was to model the processing of message communications and the data transfer of the automation system which are used in the loading of bitumen. The thesis focused primarily on the data transfer between the software and devices of the truck loading system and the control functions of the devices were left on a less examination.</p> <p>The beginning of the thesis introduces the loading event from the driver's point of view and the software solutions which are used for loading, load management and access control at the loading station. The persons' identification and follow-up in the area are implemented with RFID technology. After that the structure of the truck loading system is presented. The loading process is controlled by programmable logic controller Siemens Simatic S7-1500 and various bus solutions of the automation network are used to manage the data transfer of the software, devices and message communications. The data transfer of the measurement system is executed with the products of the Modbus protocol and in other data transfer of the system Profinet and Ethernet buses are used. The theory part of the thesis was completed with the help of the professionals responsible for the automation and data transfer of the truck loading system.</p> <p>As a result of this thesis, the comprehensive overview of the truck loading system and its data transfer was obtained using system diagrams and these descriptions can be utilized as a guide to the new employees and drivers in the future. The use of Modbus protocol was new in the system, so its properties were presented in a more comprehensive way. This information can later be applied to other projects. The results of the thesis may also be utilized in other modelling cases of data transfer systems.</p>		
<b>Keywords</b>		
loading, data transfer, automation		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LASTAUSTAPAHTUMA JA KUORMIEN HALLINTA.....	7
2.1	Kulunvalvonta ja -hallinta.....	8
2.2	Kuorman hallinta ja suunnittelu.....	9
2.3	Lastaussillan toiminta .....	11
3	LASTAUSASEMALLA KÄYTÖSSÄ OLEVAT OHJELMISTOT .....	14
3.1	Pilvipalvelu OntecCloud.....	14
3.2	Kulunvalvontajärjestelmä Ontec RTA .....	15
3.3	Kuormanhallintajärjestelmä OntecMiLo .....	15
3.4	Autolastausjärjestelmä OnatexMID.....	17
4	LASTAUSASEMAN OHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	18
4.1	Ohjelmoitava logiikkajärjestelmä Siemens Simatic S7-1500 .....	19
4.2	Hajautettu liitäntäkehikko ET 200SP.....	20
4.3	Automaatioverkko .....	21
4.3.1	OSI-malli .....	22
4.3.2	TCP/IP-protokollaperhe .....	24
4.3.3	Ethernet .....	25
4.3.4	Profinet-väylä.....	26
5	LIIKENNÖINTIPROTOKOLLA MODBUS .....	27
5.1	Modbus-protokollan kuvaus .....	28
5.2	Modbus-sarjaväyläliikenne .....	30
5.3	Modbus RTU.....	32
5.4	Modbus TCP.....	33
6	ETÄTUNNISTUSTEKNIikka RFID .....	34
6.1	Taajuusalueet .....	35
6.2	RFID-tekniikan käyttö autolastausasemalla.....	37
7	OHJELMIEN VÄLINEN SANOMALIIKENNE .....	38

7.1	Ontec Data Interface.....	39
7.2	Sanomien rakenne.....	40
8	YHTEENVETO .....	42
	LÄHTEET.....	44

## 1 JOHDANTO

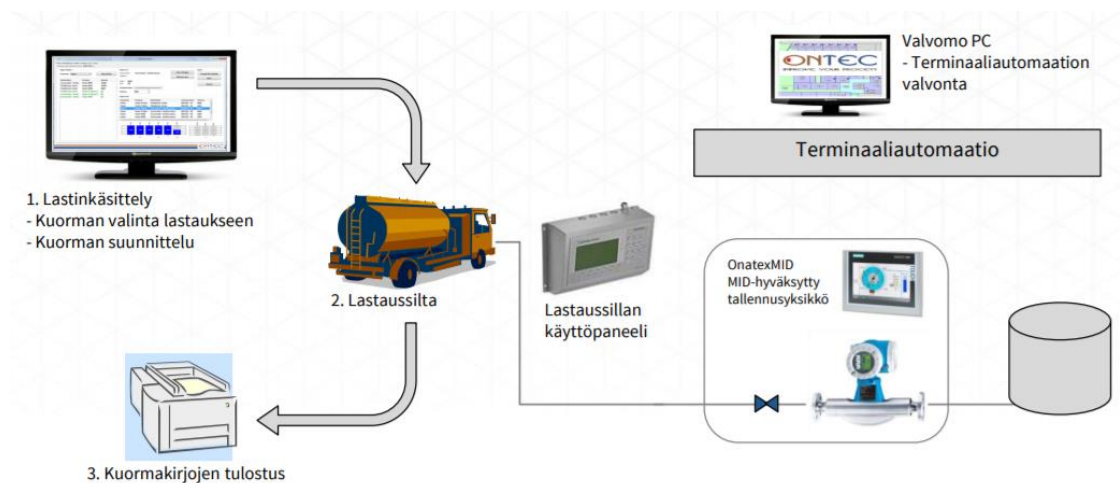
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutustua Porin Tahkoluodon öljy- ja kemikaalisatamaan valmistuvan bitumin autolastausaseman järjestelmän tiedonsiirron toteuttamiseen. Työssä on tarkoitus mallintaa bituminlastauksessa käytettävän sanomaliikenteen käsittely sekä siihen liittyvän automaatiojärjestelmän tiedonsiirto. Autolastausjärjestelmän tilaajana on Länsi-Suomen Polttoöljy, jolle kotkalainen Ontec Oy suunnittelee lastaukseen vaadittavat ohjaustoiminnot sekä tarjoaa tarvittavat ohjelmistoratkaisut, kuten kulunvalvonnan. Kyseinen bitumin autolastausasema on opinnäytetyön aikana rakenteilla, joten vaadittavat testaukset yms. tehdään vasta huhti- ja toukokuun aikana. Koko lastausaseman pitää olla käyttövalmiina kesään mennessä.

Ontec Oy on vuonna 2002 perustettu ohjaus- ja ohjelmistojärjestelmien projektitoimituksia tuottava yritys, jonka henkilöstö koostuu noin kymmenestä työntekijästä. Sen toimialoina ovat monet teollisuuden alat, kuten öljy, kaasua ja ilmailu. Yrityksen toiminnan tavoitteena on tarjota asiakkaille energiatehokkuutta parantavia palveluja sekä kehittää tuotannon toimintoja. Ontecin vahvuutena on teollisuusautomaation laaja-alainen osaaminen niin automaatio-, valvomo- kuin raportointiratkaisuissa. Toimituksien hoitaminen suoritetaan esisuunnittelusta käyttöönottoon asti. Heidän tuotteitaan ovat muun muassa kulunvalvontajärjestelmä Ontec RTA, kuormanhallintaohjelma OntecMiLo sekä mittauslaitedirektiivin (MID) mukainen autolastausjärjestelmä OnatexMID, joka on Ontecin yksi suurimmista vahvuuksista. (Ontec Oy 2017e.)

Mittauslaitedirektiivi (MID) 2014/32/EU pätee mittauslaitteille, joille on asetettu lakisääteisiä vaatimuksia monissa EU-jäsenmaissa. Nämä direktiivin mukaiset mittauslaitteet ovat tavallisesti käytössä kaupallisissa ja viranomaistoimintaan liittyvissä tapauksissa. Mittauslaitedirektiiviä on sovellettu vuodesta 2006 lähtien. Käytössä oli kymmenen vuoden siirtymäkausi, jolloin markkinoille sai tuoda myös aikaisempien vaatimuksien täyttäviä mittalaitteita. Tämä vain edellytti, että tyyppihyväksynnot olivat voimassa. Vuoden 2016 lopulta lähtien markkinoille on saanut tuoda vain direktiivin mukaisia mittauslaitteita. (Tukes 2017.)

## 2 LASTAUSTAPAHTUMA JA KUORMIEN HALLINTA

Autolastausasemalla on kaksi säiliötä, jotka molemmat sisältävät bitumia. Molemmilta säiliöiltä voidaan lastata päätuotteena bitumia tai niistä muodostettua sekoitetuotetta. Tuotteella on oma lopputuotteen PLC-tunniste, joka viedään lastausjärjestelmälle. Tuotteiden lastaus tapahtuu lastaussillalla, joita on terminaalissa kaksi. Kummaltakin sillalta on mahdollista lastata kaikkia tuotteita. Kuvassa 1 on esitetty lastauksen keskeiset elementit ja miten lastaustapahtuma etenee vaiheittain.



Kuva 1. Autolastauksen keskeiset elementit (Ontec Oy 2017b)

Lastaustapahtuma alkaa, kun kuljettaja saapuu rekka-autolla lastausasemalle. Kuljettajan täytyy tunnistautua järjestelmään, jotta saa kulkuluvan määrättyihin tiloihin. Kuormanhallintatilassa on lastinkäsittelyä varten tietokone, josta kuljettaja näkee kaikki lastaukseen menevät kuormat. Hän valitsee itselleen ensimmäisen avoimen kuorman ja siirtää sen lastaukseen. Kun kuorma on valittu lastaukseen, kuljettaja ajaa lastaussillalle ja valmistelee rekka-auton lastauskuntoon. Lastaussillalla kuljettajan käyttöliittymänä on lastauspäättteen ope-  
rintipaneeli, jolla hän suorittaa lastaustapahtuman. Kun koko lastaustapahtuma on valmis, kuljettaja palaa takaisin kuormanhallintatilaan ja tulostaa lastauksen kuormakirjat. Lastaus on valmis ja kuljettaja voi kirjautua ulos järjestelmästä. (Ontec Oy 2017b.)

## 2.1 Kulunvalvonta ja -hallinta

Sataman portilla ajoneuvo tunnistetaan rekisterinumerosta, mutta itse terminaaliin tultaessa ei ole porttia. Terminaalissa kuljettajan tunnistautuminen tapahtuu kuormanhallintatilan ovella olevalla lukijalla. Kuljettaja näyttää lukijalle tunnisteensa, joka sisältää tunnistekoodin. Valvomokoneelle asennettu lukijapalvelu vastaanottaa lukijalta luetun tunnistekoodin ja katsoo, kenelle se kuuluu. Tunnisteella kuljettaja tunnistautuu järjestelmään ja pääsee kuormanhallintatilaan sisään. Tämä kuitenkin vaatii sen, että hänellä on kaikki vaadittavat työluvat ja koulutukset voimassa. Nämä tiedot löytyvät kulunhallinnan tietokannasta. (Korja 2018; Käyhty 2018.)

Autolastausaseman kulunvalvonta toteutetaan lukijoilla, joista tiedot siirtyvät kulunvalvonnan ja -hallinnan ohjelmaan. Ohjelmalla seurataan, ketä henkilöitä alueella liikkuu ja missä päin he ovat terminaalia. Se sisältää kuljetusliikkeiden kuljettajien, urakoitsijoiden ja henkilökunnan henkilötiedot sekä kulkuoikeudet. (Käyhty 2018.) Kuvassa 2 on esitetty esimerkkinä testikuljetusliikkeen kuljettajien ylläpito.

Kuva 2. Kuljetusliikkeen kuljettajien ylläpito

Kuljettajan ylläpidosta on nähtävissä kuljetusyrityksen kaikki kuljettajat. Valitsemalla kuljetusliikkeen ja kuljettajan nähdään tarkemmin kuljettajan henkilötiedot sekä hänelle myönnetyt luvat. Henkilöllä pitää olla kulkulupa voimassa, jotta hän pääsee liikkumaan autolastausaseman tiloissa. Lisäksi kuljettajan luvat ja koulutukset, kuten työturvallisuuskortti ja ADR-lupa, täytyvät olla suorite-



tut ja ajantasaiset alueella liikkumisen sallimiseksi. Jos yksikin vaadituista luvista ei ole voimassa, pääsy autolastausaseman tiloihin estetään. Koulutusten ja lupien voimassaoloja seurataan automaattisesti kulunvalvontaohjelmalla. (Käyhty 2018.)

Lastausasemalla on kulunvalvonnan yhteydessä aikavalvonta, jolla toteutetaan alueella liikkuvien henkilöiden reaaliaikainen seuranta. Järjestelmästä nähdään muun muassa henkilön edellisen leimauksen aika ja paikka. Lisäksi lukijoille voidaan määrittää aikarajat. Vikatilanteista tai epänormaalia toiminnasta saadaan tieto järjestelmään. Esimerkiksi kuljettajalle voi sattua yksin työskennellessä onnettomuus, jolloin aikarajan umpeutuessa järjestelmään muodostuu hälytys ja apu saadaan nopeasti paikalle. (Käyhty 2018.)

## 2.2 Kuorman hallinta ja suunnittelu

Kuormanhallintatilassa on tietokone, johon henkilön täytyy tunnistautua uudelleen. Koneessa on kiinni eri mallinen lukija kuin ovella, mutta tunnistautuminen onnistuu samalla tunnisteella. Tietokone sisältää kuormanhallintaohjelman, johon henkilö kirjautuu lukijalla. Kuljettaja voi valita ohjelmalta itselleen kuorman lastaukseen. Kuvassa 3 on esitetty näytölle ilmestynvä ikkuna kuormien valintaan.

Kuorman luonti

Käyttäjä Kieli

Kuljettaja, Testi / [redacted]

Ajokortti: 27.02.2020 |

Kuorman valinta | Ajoneuvon valinta | Kuormarivit

**Avoimet kuormat**

Vetoauto	Perävaunu	Määrä	Tunnisteet
JGH-345	BBB-111	15000	[redacted]

**Yhteenveto**

Asiakas	Tilaus	Toimituspaikka	Paikkakunta	Tuote	Määrä
[redacted]	[redacted]	Testitoimituspaikka	Kotka	Bitumi 25	15000

Ajoneuvo	Lohko	Tuote	Määrä
JGH-345	01	Bitumi 25	4000
BBB-111	11	Bitumi 25	11000

Uusi Muokkaa Valitse lastaukseen

Kuva 3. Avoimet kuormat

Kirjautumisen jälkeen näytölle ilmestyy *Kuorman luonti* -ikkuna, josta kuljettaja pääsee näkemään kaikki avoimet kuormat. Kuormista näkyy vetoautojen ja

perävaunujen rekisterinumerot, lastattava määrä sekä asiakkaan kuormanumeron tunniste, mistä kuljettaja tunnistaa lastattavan kuormansa. Klikatessa valitsemaansa avointa kuormaa kuljettaja näkee tilauksen yhteenvedon. Yhteenvedo kertoo muun muassa asiakkaan tilausnumeron, toimituspaikan ja tuotteen. Lisäksi se ilmaisee, mihin ajoneuvoon ja sen lohkoon tuotetta lastataan sekä lastattavan määrän lohkoittain. Ajoneuvojen lohkoittaiset tilavuudet löytyvät kuormanhallintaohjelmasta. Jos tiedot ovat oikein, kuljettaja valitsee kuorman lastaukseen *Valitse lastaukseen* -painikkeella. Tämän jälkeen näytölle ilmestyy vielä *Kuorman yhteenvedo* -ikkuna, josta kuljettaja hyväksyy kuorman lastaukseen. Nyt kuorma on lastausvalmiina ja kuljettaja voi siirtyä lastaussillalle.

Kuormien suunnittelu ja hallinta suoritetaan kuormanhallintaohjelmalla. Uuden kuorman tekeminen onnistuu esimerkiksi lastausasemalla, jos kuljettajalle on myönnetty lupa kuormien luontiin tai muokkaukseen. Uuden tilauksen laadinta aloitetaan klikkaamalla *Uusi*-painiketta (kuva 3, s. 9), josta päästään ajoneuvojen valintaan. Näytölle ilmestyy kuljetusliikkeen kuljetusyksiköt (vetoautot ja perävaunut) ja niiden lastattavien lohkojen lukumäärän valitseminen. Henkilö valitsee tarvittavat kuljetusyksiköt ja lohkot tilaukselle. Tämän jälkeen valitaan asiakas, kenelle tilaus toimitetaan. Tilaukselle määritetään tilausnumero ja toimituspaikka sekä tuote ja sen lastausmäärä.

Kuvassa 4 on esitetty esimerkki uuden tilauksen yhteenvedosta. Kun kuljetusyksiköt ja tuotteet on valittu, jaetaan tilatun tuotteen määrä lohkoihin *Kuormarivit*-sivulehdestä. Näytöltä nähdään valittujen lohkojen tilavuudet ja tilattu määrä. Henkilö valitsee lohkon ja syöttää siihen haluamansa lastattavan määrän. Tämän jälkeen hän tallentaa sen ja jäljellä olevasta määrästä syöttää seuraavalle lohkolle osuutensa. Lastaussuunnitelmaa on helppo seurata ohjelmassa olevilla pylväsdiagrammeilla. Kun koko tilattu lastausmäärä on lastattu lohkoihin, kuorma voidaan tallentaa järjestelmään odottamaan kuljettajan hakuja tai se voidaan hyväksyä välittömästi lastaukseen.

Kuorman luonti

Käyttäjä: [redacted] Kieli: [redacted]

JGH-345 + BBB-111

Kuorman valinta | Ajoneuvon valinta | Kuormarivit

**Avoimet tilaukset**

Asiakas: [redacted] Uusi tilaus

Tilaus No	Toimituspaikka	Tuote	Määrä
[redacted]	Testitoimituspaikka	Bitumi 25	[0]

**Kuormarivi**

Toimituspaikka: Testitoimituspaikka  
Osoite: Testikatu 11

Tallenna  
Poista kuormasta

Tilattu: 15000  
Jäljellä: [0]

Lohko: BBB-111 - 11 (11000 / 20000)  
Määrä: 11000

**Kuorma**

Asiakas	Tuote	Toimituspaikka	Lohko	Määrä
[redacted]	Bitumi 25	Testitoimituspaikka	JGH-345 - 01	4000
[redacted]	Bitumi 25	Testitoimituspaikka	BBB-111 - 11	11000

5000  
4000  
01

20000  
11000  
11

Kuva 4. Uuden tilauksen yhteenveto

## 2.3 Lastaussillan toiminta

Kuljettaja ajaa rekka-autonsa lastaussillalle 1 tai 2 ja valmistelee lastattavan lohkon lastauskuntoon. Lastattavan lohkon säiliöön asetetaan lastausvarsi, josta säiliön täyttö toteutetaan. Kun kaikki on valmiina lastaukseen, kuljettaja menee käynnistämään lastauksen lastaussillan lastauspääteeltä. Lastauspääteelle on asennettu operointipaneeli, jossa on likaisiin töihin suunnitellut painikkeet sekä lukija tunnistautumiseen. Kuvassa 5 on esitetty lastaussillan operointipaneeli, jonka IP-luokitus (International Protection) on IP 66 eli se on pölytiivis ja suojattu voimakkaalta vesisuihkulta. Paneelin lämpötila-alue on -30–60 °C. (Käyhty 2018.)



Kuva 5. Lastaussillan operointipaneeli (Käyhty 2018)

Päätteessä on kolme painiketta *Aloita*, *Keskeytä* ja *Valmis*, joita painamalla kuljettaja suorittaa lastaustapahtuman. Käynnistäessään lastauksen kuljettaja painaa *Aloita*-painiketta (musta). Lastauspääteen luona on ”kuolleen miehen kytkin”, josta kuljettajan on pidettävä kiinni koko lastauksen ajan. Jos kuljettaja irrottaa kätensä ”kytkimeltä”, lastausprosessi keskeytyy välittömästi. Lastausta pystyy kuitenkin jatkamaan, kun ”kytkimestä” otetaan kiinni uudestaan. (Käyhty 2018.) Lastauksen etenemistä voidaan seurata esimerkiksi lastauspäätteessä olevalta näytöltä (kuva 5) tai valvomotilan tietokoneelta. Kuvassa 6 on esitetty valvomonäyttö, kun vetoauton lastaustapahtuma on käynnissä.

VETOAUTO		PERÄVAUNU	
LOHKO 01	TOOTE: Ohjelma 25 T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0.000	LOHKO 11	TOOTE: Ohjelma 25 T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0.000
RequestID: 21	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 22	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 21	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 22	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 21	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 22	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 31	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 32	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 31	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 32	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 41	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 42	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 41	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 42	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 51	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 52	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 51	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 52	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 61	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 62	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 61	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 62	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 71	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 72	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 71	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 72	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 81	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 82	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 81	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 82	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 91	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 92	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 91	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 92	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 101	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 102	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 101	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 102	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 111	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 112	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 111	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 112	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 121	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 122	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 121	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 122	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 131	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 132	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 131	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 132	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 141	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 142	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 141	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 142	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 151	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 152	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 151	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 152	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 161	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 162	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 161	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 162	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 171	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 172	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 171	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 172	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 181	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 182	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 181	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 182	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 191	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 192	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 191	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 192	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001
LOHKO 201	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0	LOHKO 202	TUOTE: -- T/L/S: 0 / 0 / 0.000 % TILAUS: 0
RequestID: 201	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001	RequestID: 202	TAPAHTUMA ID: 0 LASTATTU: 0.000 Läpää: 0.001


Kuva 6. Valvomotilan näyttö lastauksen aikana

Valvomonäytössä on eroteltu vetoauto ja perävaunu erikseen lohkoittain, jotta lastauksen seuranta olisi yksinkertaista. Tilauksen lastaukseen menevät kuorimat ovat näytöllä vihreinä ja niiden lastaustilannetta voidaan seurata valvomosta. Lisäksi niistä nähdään lastattava tuote sekä tilausmäärä. Lastatun tuotteen määrää mitataan Ontec Oy:n toimittamalla mittausjärjestelmällä. Jokaisella lastaustapahtumalla on oma MID-tunnus, joka tallentuu järjestelmään, josta voidaan käydä tarkistamassa lastauksen tiedot. Lastauksen jälkeen ei enää tarvitse käydä vaa'alla, vaan litrat ja kilot löytyvät suoraan järjestelmästä. (Käyhty 2018.)

Jos lastattava määrä tulee täyteen, lohko merkitään automaattisesti valmiiksi. Muissa tapauksissa kuljettaja painaa *Keskeytä*-painiketta (vihreä), kun lohkon

lastaus on valmis. Jos tilauksessa on useampia lohkoja, hän valmistelee seuraavan lohkon lastauskuntoon ja käynnistää lastauksen. Kun tilauksen kaikki lohkot on lastattu, kuljettaja painaa *Valmis*-painiketta (keltainen). Tämän jälkeen kuljettaja palaa kuormanhallintatilaan, josta hän tulostaa tilauksen kuormakirjat (kuva 7). Tilaus on valmis ja kuljettaja voi valita uuden avoimen kuorman lastaukseen tai kirjautua ulos järjestelmästä. (Käyhty 2018.)

**KUORMAKIRJA**  
09.03.2018 10:03



---

**LÄHETÄJÄ**  
  

tilinumero

katuosoite

postinumero ja ptp

**LASTAUSPAIKKA**  
Länsi-Suomen Polttoöljy  
Oljysatamantie  
28900 Tahkoluoto  
045 657 9029

---

**ASIAKAS**  
**TOIMITUSOSOITE**  
Testitoimituspaikka  
Testikatu 11  
98765 Kotka  
0409876543

**LASKUTUSOSOITE**  
  
Testikatu 99  
12345 Kaupunki  
0401234567

---

**KULJETUSLIIKE**

**KULJETTAJA**  
  

Kuljettaja, Testi

---

**KUORMANUMERO: 00000017|28465 JGH-345 + BBB-111**  
Lastausaika: 09.03.2018 09:54

---

TILAUS		LASTAUS				Lask.		
Numero	Määrä	JGH-345 Tuote Lohko	Litrat	Paino (kg)	Lastaustunnus	Lämpötila	Tiheys	Litrat +15
35303	15000	01 Bitumi 25 UN koodi 1999	4000	4100	11000023	0	0	
		<b>Yhteensä</b>	<b>4000</b>	<b>4100</b>				


---

TILAUS		LASTAUS				Lask.		
Numero	Määrä	BBB-111 Tuote Lohko	Litrat	Paino (kg)	Lastaustunnus	Lämpötila	Tiheys	Litrat +15
35303	15000	11 Yhteensä	0	0				

---

VASTAANOTTAJAN KUITTAUS JA PVM

---



Kuva 7. Kuormakirja

Kuormakirja on tilauksen päätteeksi tulostettava dokumentti, joka sisältää tilauksen yhteenvedon. Tulosteessa on tiedot lastauspaikasta sekä asiakkaan toimitus- ja laskutusosoitteet. Lisäksi siinä ilmaistaan kuljetusliike ja kuljettaja. Kuormakirjassa on myös lastauksen kuormien tiedot lajiteltu kuljetusyksiköittäin ja lohkoittain. Tärkeänä tietona on kuorman lastaustunnus eli MID-tunnus, jolla tapahtuma voidaan yksilöidä myöhemmässä käytössä, kuten laskutuksessa.

### **3 LASTAUSASEMALLA KÄYTÖSSÄ OLEVAT OHJELMISTOT**

Autolastausasemalla on käytössä Ontec Oy:n valmistamia ohjelmistoratkaisuja, joilla toteutetaan lastauspaikan ylläpito sekä lastaukseen tarvittavat ominaisuudet. Näitä voidaan käyttää esimerkiksi lastausaseman kulunvalvontaan ja lastinkäsittelyyn. Kaikki käytössä olevat sovellukset ovat samassa Ontec-järjestelmässä, jonka kautta ne kommunikoivat keskenään. Lisäksi monet ratkaisut ovat käytettävissä saman ohjelman sisällä.

#### **3.1 Pilvipalvelu OntecCloud**

OntecCloud on pilvipalvelu, jolla voidaan liittää kaikki Ontecin tarjoamat järjestelmät pilvipalveluihin. Tiedot ovat pilvipalvelun palvelimella, josta internetin välityksellä on niihin mahdollisuus päästä käsiksi esimerkiksi tietokoneella missä ja milloin vain. Esineiden internet eli *Internet of Things* on jatkuvasti yleistynyt tekniikka, jossa laitteita yhdistetään internetiin. Pilvipalvelulla näiden dataa voidaan lukea ja käsitellä halutusti verkon yli. (OntecCloud 2017d.)

OntecCloud toimii osana kulunvalvontaa ja -hallintaa. Kulkulupien hallinta voidaan toteuttaa miltä tahansa päätteeltä internetin välityksellä. Lukija lähettää luetun tunnisteen tunnistekoodin pilvipalvelimelle tarkistettavaksi. Lupia pystytään muokkaamaan pilvipalvelulla, esimerkiksi määrittämällä luvalle voimassaoloaika. (Käyhty 2018.)

OntecCloudin muita käyttökohteita ovat muun muassa mittauksien ja huolto-toimenpiteiden kirjaukset (OntecCloud 2017d). Lisäksi sillä hoidetaan ulkopuolisten järjestelmien liitynnät Ontec-järjestelmiin. Esimerkiksi tässä tapauksessa OntecCloud vastaanottaa kuljetusyritykseltä tilaukset ja kuormasuunnitelmat,

mistä ne siirtyvät Ontecin omiin ohjelmistoihin. Vastaavasti OntecCloud lähettää kuljetusliikkeelle toteumasanommat ja raportit tilauksista. (Korja 2018.)

### **3.2 Kulunvalvontajärjestelmä Ontec RTA**

Ontec RTA (Ontec Real Time Access) on kulunvalvonnan ja -hallinnan järjestelmä, jota käytetään teollisuus- ja toimistoympäristöissä. Sen käyttöönotto on helppoa, sillä se voidaan liittää suoraan esimerkiksi toimiston TCP/IP-verkkoon. Ontec RTA sisältää reaaliaikaisen yritysten ja henkilöiden seurannan, joka toteutetaan nykyaikaisilla RFID-lukijoilla (Radio Frequency Identification). Järjestelmä seuraa automaattisesti, keitä alueella liikkuu ja missä on heidän viimeisin sijaintinsa eli kirjaus. (Ontec Oy 2017c.)

Ontec RTA sisältää aikavalvonnan. Lukijoille on mahdollista määrittää omat aikarajat, jolloin kyseinen tapahtuma, kuten lastaus, on suoritettava loppuun. Epänormaalista toiminnasta järjestelmään tulee hälytys ja henkilön sijainti voidaan nähdä järjestelmästä. Hälytys voi syntyä esimerkiksi henkilön ollessa yli sallitun aikarajan lastaussillalla, mikä saattaa viestiä siitä, että hänellä on ongelmia lastauksen yhteydessä. (Käyhty 2018.)

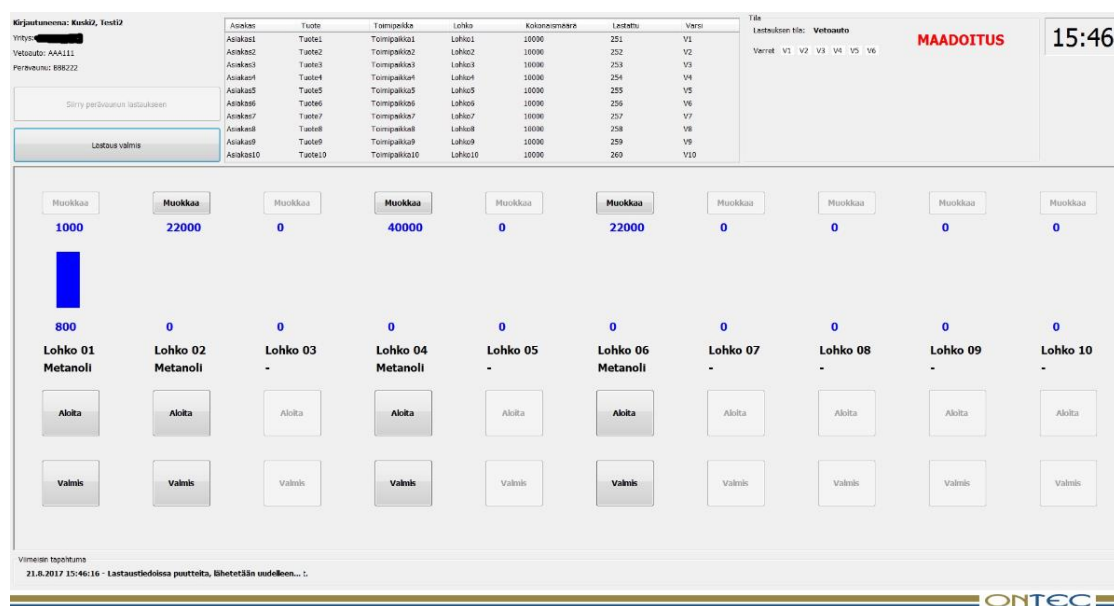
Kulunhallintaohjelma sisältää myös automaattisen työlupien seurannan. Tämän avulla voidaan seurata, onko alueelle pyrkivän henkilön vaadittavat työluvat ja koulutukset kunnossa, jotta kulkuoikeus voidaan myöntää. Lisäksi asiakkaille on laadittu osio, jolla he voivat myöntää väliaikaisia kulkuoikeuksia. Työluvat allekirjoitetaan ja arkistoidaan sähköisesti. Näin lupien luonti onnistuu huomattavasti helpommin, jos alueella työskentelee paljon urakoitsijoita. (Ontec Oy 2017c.)

### **3.3 Kuormanhallintajärjestelmä OntecMiLo**

OntecMiLo (Ontec MID Loading) on kuormanhallintaohjelma, joka sisältää kuormasuunnittelun. Tilaukset ja kuormasuunnitelmat voivat tulla OntecCloudin kautta sanomaliitynnöillä asiakkaiden järjestelmistä tietokantaan. Tilauksien luonti onnistuu myös paikan päällä, jos henkilöllä on lupa sen toteuttamiseen. (Käyhty 2018.)

OntecMiLo-ohjelmasta löytyy kuormien tiedot ja tapahtumat. Kuormia voidaan hakea esimerkiksi kuljetusliikkeen, ajoneuvon tai päivämäärän mukaan. OntecMiLo näyttää avoimien kuormien lastaussuunnitelmat sekä jo toteutuneet lastaukset. Lastaussuunnitelmista voidaan seurata kuormien tapahtumia, milloin ne on luotu ja koska ne menevät lastaukseen. Lisäksi tarvittavat kuormakirjat voidaan tulostaa ohjelmalla.

OntecMiLoEx on lastaussillalla oleva kuljettajan lastauspääte, joka on käyttöliittymä hyväksyttyyn tilaluokkaan. Käyttöliittymä on osa OntecMiLo-kuormanhallintajärjestelmää. Lastaussillan lastauspääteelle on asennettu operointipaneeli, jolla kuljettaja suorittaa lastaustapahtuman. Operointipaneeli on ATEX-direktiivin mukainen tilaluokan 1 2G-laite. Yleisesti lastauspääte on kosketusnäyttöllinen, joka on esitetty kuvassa 8. (Käyhty 2018.)



Kuva 8. OntecMiLoEx-lastauspääte

Kosketusnäyttölliseltä OntecMiLoEx-lastauspääteeltä voidaan suorittaa lastaustapahtuma ja seurata sen etenemistä. Pääteeltä nähdään muun muassa taulukosta kuorman perustiedot ja mihin ajoneuvoon lastaus toteutuu. Lisäksi ajoneuvon kaikki lastaukseen menevät lohkot ovat nähtävissä näytöltä. Lohkon lastaus aloitetaan painamalla *Aloita*-painiketta. Pylvään yläpuolella näkyy lohkon lastattava kokonaismäärä, joka pysyy samana lastauksen alusta loppuun. Pylvään alapuolella on jäljellä oleva määrä, joka lastauksen aikana juoksee alaspäin. Kun lohkon lastaus on valmis, se merkitään automaattisesti



valmiiksi. Jos määrä halutaan jättää vajaaksi, henkilö painaa *Valmis*-painiketta. Tämän jälkeen hän voi aloittaa uuden lohkon lastauksen. Koko lastaus-tapahtuman ollessa valmis henkilö painaa *Lastaus valmis* -painiketta.

### 3.4 Autolastausjärjestelmä OnatexMID

OnatexMID on Ontec Oy:n mittauslaitedirektiivin vaatimuksien mukainen laskutuskäyttöön hyväksytty lastausjärjestelmä, joka on käytössä muiden nesteiden kuin veden mittaukseen tarkoitetuissa mittausjärjestelmissä. Se sopii erityisesti polttoaineiden sekä muiden kemikaalien lastauksiin. Lastausjärjestelmällä on ollut vuodesta 2013 direktiivin hyväksyntä. Lisäksi se täyttää MID:n mukaiset vaatimukset, kuten WELMEC 7.2, WELMEC 8.8 ja OIML R117-1. (Ontec Oy 2017a.)

OnatexMID on tärkeä osa lastaustapahtumaa. Mittausjärjestelmä koostuu muun muassa massavirtausmittarista (kuva 9) ja MID-hyväksytystä tallennusyksiköstä. Järjestelmällä toteutetaan lastattavan nesteen, tässä tapauksessa bitumin, mittaus ja mittautietoa hyödynnetään myöhemmin laskutuksessa. Tallennusyksikköön tallentuvat pysyvästi tilauksien mittaustapahtumien tiedot. Jokaiselle kuormalle on oma MID-tunnus, jolla tunnistetaan toteutunut lastaus. Tunnusta käytetään myöhemmin laskutuksen yksilöintiin. (Käyhty 2018.)

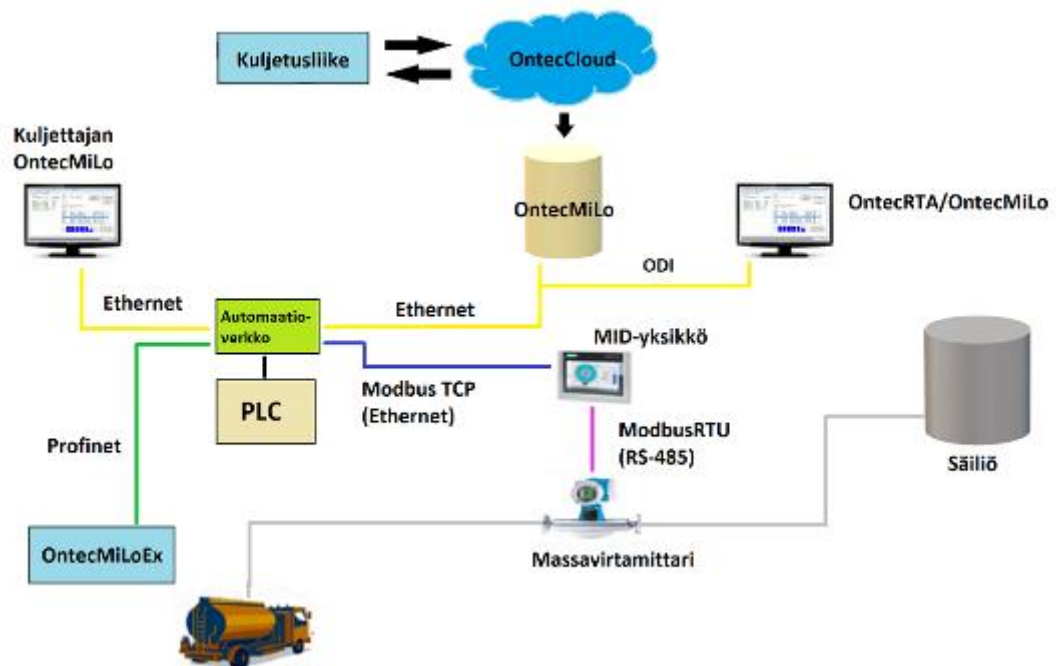


Kuva 9. Massavirtausmittari Proline Promass 84F (Endress+Hauser Management AG s.a.)

Mittausjärjestelmässä käytettävä virtausmittari on yritykseltä Endress+Hauser saatavissa oleva coriolis-massavirtausmittari Proline Promass 84F, jossa mitaus perustuu virtausputken värähtelyihin. Mittarilla voidaan mitata nesteiden ja kaasujen virtauksia, tiheyksiä ja lämpötiloja. Se sopii myös erinomaisesti vaihteleviin ja ankariin mittausolosuhteisiin. Lisäksi mittarilla on joustavat kommunikointivaihtoehdot, kuten Hart ja Modbus. (Endress+Hauser Management AG s.a.)

#### 4 LASTAUSASEMAN OHJAUSJÄRJESTELMÄT

Järjestelmän ohjaustoiminnot on toteutettu ohjelmoitavalla logiikalla (Programmable Logic Controller) Siemens Simatic S7-1500. Logiikkaan on liitetty lastauksien tiedot tallentava MID-hyväksytty tallennusyksikkö sekä kenttäväylällä toimilaitteiden, kuten venttiilien, lähelle tulo- ja lähtöliitynnät vievä hajautusyksikkö ET 200SP. Järjestelmän automaatioverkko koostuu erilaisista väyläratkaisuista, joilla toteutetaan tiedonsiirto laitteiden välillä. Käyttöliittymänä toimii valvomotietokone, josta voidaan valvoa muun muassa lastauksien kulkua ja hälytyksiä. ODI (Ontec Data Interface) huolehtii tiedon siirtämisestä logiikalle. Autolastausaseman järjestelmäkaavio on esitetty yksinkertaistettuna kuvassa 10.



Kuva 10. Lastausaseman järjestelmän yksinkertaistettu rakennekuva

#### 4.1 Ohjelmoitava logiikkajärjestelmä Siemens Simatic S7-1500

Siemensin valmistaman Simatic S7-1500 -tuoteperheen ohjelmoitava logiikka on joustava ohjelmoinnissa ja käytössä. Logiikka soveltuu myös monimutkaisiin automaatiototeutuksiin sisältäen monia ominaisuuksia, joihin ennen tarvittiin erillisiä lisälaitteita ja ohjelmistoja. Lisäksi säätö- ja liikkeenohjaussovellusten toteutus ohjelmoitavalla logiikalla on helppoa siihen integroitujen toimintojen ansiosta. (Siemens AG 2017a.)

Simatic S7-1500 on tehokas ja Profinet-väylä on kaikissa S7-1500-sarjan tuotteissa vakiona. Profinet mahdollistaa lyhyillä vasteajoilla nopean kommunikation järjestelmässä. Lisäksi S7-1500-logiikalla diagnostiikka on jatkuvasti saatavilla koko järjestelmästä ilman erillistä ohjelmointia ja se on luettavissa esimerkiksi suoraan logiikalta. Myös sen helppo laajennettavuus mahdollistaa korkeintaan 31 lisäyksikön liittämisen kehikolle. Lisäyksiköillä voidaan laajentaa logiikan käyttömahdollisuuksia. (Siemens AG 2013; Siemens AG 2017a.)

Logiikan S7-1500 ohjelmointiin käytetään laajasti käytössä olevaa TIA Portal -työkalua, joka tarjoaa kaikki automaation suunnitteluun tarvittavat toiminnot yhden käyttöympäristön alta. Työkalulla suunnitellaan ohjelmat, otetaan ne käyttöön sekä suoritetaan huoltotoiminnot. TIA Portal sisältää muun muassa STEP 7 -ohjelmiston, jolla ohjelmoidaan logiikkasovellukset valmiita kirjasto-funktioita apuna käyttäen. (Siemens AG 2017a; Siemens AG 2017b.)

Autolastausjärjestelmän logiikkana käytetään CPU 1513F-1 PN -turvamallia, jossa yhdistyvät tavallisten toimintojen lisäksi myös turvaominaisuudet. Logiikka valittiin sen tarjoaman uuden tekniikan ja yhteensopivuuden takia. Kun kuorma on hyväksytty lastaukseen, sen tiedot menevät prosessilogiikalle. Logiikan kautta tarvittavat lastaustiedot siirtyvät OntecMiLoEx-lastauspääätteelle, joka toimii kuljettajan käyttöliittymänä lastaussillalla. Lisäksi logiikka hoitaa lastauksessa tarvittavien ohjaustoimintojen vaadittavat ominaisuudet, kuten venttiilien ja pumppujen ohjaukset. Logiikassa on kiinni myös MID-hyväksytty tallennusyksikkö, joka tallentaa lastauksen mittaustiedot, joita voidaan käyttää myöhemmin laskutuskäyttöön.

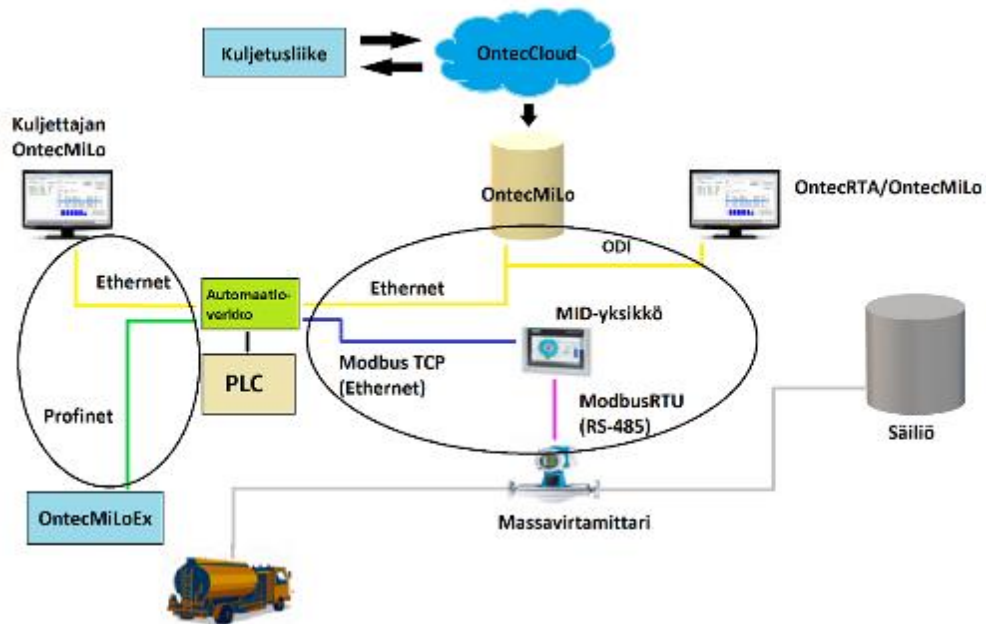
## 4.2 Hajautettu liitäntäkehikko ET 200SP

Toimintojen sijaitessa eri puolilla prosessia voidaan Siemens ET 200 -tuoteperheen tarjoamalla hajautetulla IO:lla viedä lähtö- ja tuloyksiköt prosessiase-  
malta lähemmäs toimilaitteita, jolloin kaapelointi helpottuu huomattavasti. ET  
200 -sarjan tuotteet voidaan jakaa kahteen ryhmään, suoraan kentälle asen-  
nettuihin tai kaappiasennettaviin hajautusasemiin. Vaikka käyttötarkoitukset  
vaihtelevat eri malleilla, ne toimivat ominaisuuksiltaan hyvin samoin tuotteesta  
riippumatta. Lisäksi ET 200 -sarjan hajautusasemat integroituvat kaikkiin Si-  
maticin tuotteisiin. (Siemens AG 2016.)

ET 200SP on kompakti hajautusasema, joka soveltuu useisiin teollisuuden oh-  
jaussovelluksiin. Se sisältää lähtö- ja tulokorttien lisäksi turvakortit. Simatic ET  
200SP sallii myös laajentamismahdollisuuden 63 moduulilla, jotka tarjoavat  
jopa 1000 tulo- ja lähtöpistettä toimilaitteille. (Siemens AG 2016.)

Autolastausjärjestelmässä on käytössä laitekaappiin asennettava Siemensin  
Simatic ET 200SP hajautettu IO, jonka käyttöliittymämoduulina on IM 155-6  
PN-ST. Se on yhdistetty Simatic S7-1500 -logiikkaan Profinet-väylällä. Hajau-  
tusyksikköön kytketään toimilaitteiden tulo- ja lähtöpiirit. Erikoistapauksena bi-  
tumisäiliön, joka on räjähdysvaarallinen tila, lämpötila- ja pintamittaukset tule-  
vat luonnostaan turvallisille *Ex i* -laitteille, josta tiedot siirtyvät *Ex i* -erottimelta  
logiikan mittauskortille (Käyhty 2018).

### 4.3 Automaatioverkko



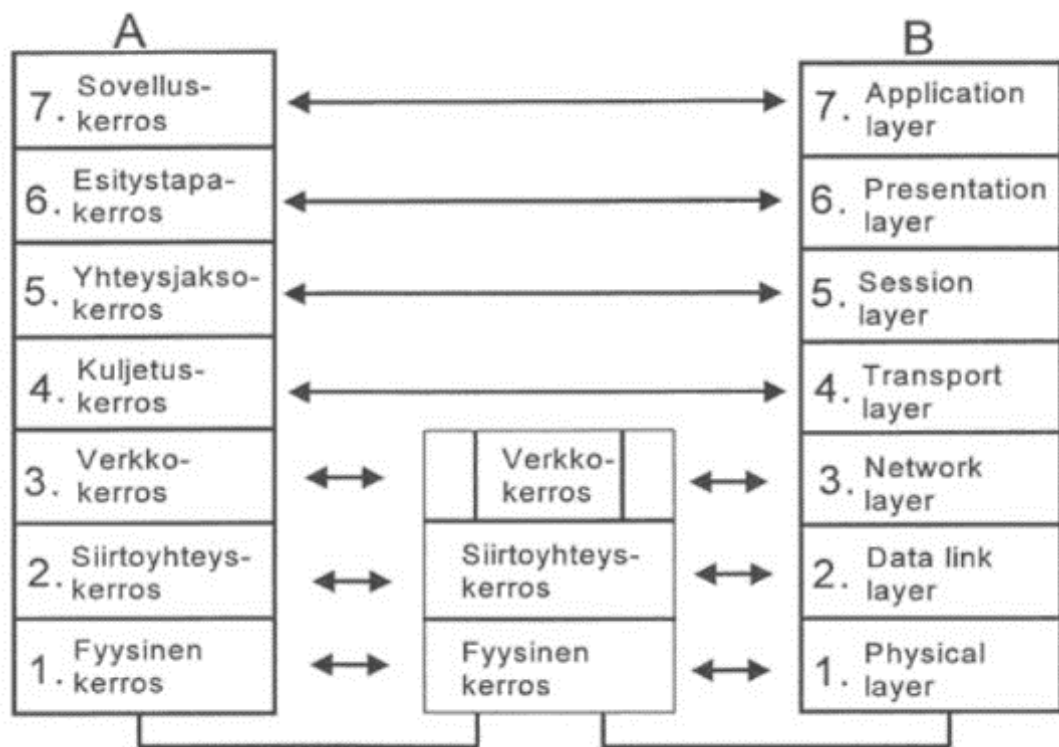
Kuva 11. Lastausaseman automaatioverkko

Lastausaseman automaatioverkolla toteutetaan järjestelmän tietoliikennöinti, mikä on esitetty kuvassa 11. Erilaisilla väyläratkaisuilla hoidetaan autolastauksessa käytettävien ohjelmien ja laitteiden välinen tiedonsiirto. Tietokoneet on kytketty automaatioverkkoon Ethernet-väylillä, joilla muun muassa valvomoon tulleet lastaussuunnitelmat saadaan siirrettyä logiikalle ODI-tietokannan avulla (ks. luku 7.1). Ethernetin avulla toteutetaan myös tiedonsiirto tietokoneiden välillä. Lisäksi lastaussillan OntecMiLoEx-lastauspääte on yhdistetty automaatioverkkoon Profinet-väylällä, jolla lastaustiedot viedään päätteelle.

Mittausjärjestelmän tiedonsiirto toteutetaan Modbus-protokollilla Modbus TCP ja ModbusRTU (kuva 11). Massavirtamittariin on kytketty Modbus RS-485-sarjaliikenneväylällä, jolla lastaustoteuma viedään MID-tallennusyksikölle, jonne se tallentuu myöhempää käyttöä varten. Väylä toimii ModbusRTU:n fyysisenä siirtotienä, joka tarjoaa mahdollisuuden pitkiin etäisyyksiin sekä ehkäisee ympäristön häiriöt. Logiikalta lähtevä Modbus TCP -protokolla on kytketty tallennusyksikön Profinet-liityntään. Sen fyysisenä siirtotienä on Ethernet-väylä, jolla muun muassa lastaustoteumat saadaan siirrettyä logiikalle ja sieltä valvomolle. Modbus-protokollaa tarkastellaan tarkemmin luvussa 5.

### 4.3.1 OSI-malli

OSI-malli (Open Systems Interconnection Reference Model) on ISO:n (International Organization for Standardization) määrittämä tiedonsiirtojärjestelmissä käytössä oleva standardi, jota käytetään tietoliikenteen toiminnan kuvaukseen. Vaikka mallin mukaiset järjestelmät eivät levinneet laajaan käyttöön, sitä käytetään yhä helpottamaan järjestelmien osien välisten toimintojen ymmärtämistä. OSI-mallissa on seitsemän kerrosta, joista alemmat kerrokset 1–3 keskittyvät tiedon siirtämiseen ja ylemmät kerrokset keskittyvät ohjelmiston puoleiseen toimintaan. Jokainen kerros on oma kokonaisuutensa, joka pystyy kommunikoimaan vain yhtä ylemmän tai yhtä alemman kerroksen kanssa tarjoten palveluja keskenään. Ylemmillä kerroksilla on suora looginen yhteys toisen koneen vastaavaan kerrokseen. Alempien kerrosten välinen looginen yhteys muodostuu koneiden välissä olevalla aliverkolla. (Hakala & Vainio 2002, 126-130.) Kuvassa 12 on esitetty OSI-mallin rakenne.



Kuva 12. OSI-mallin rakenne (Raahen tekniikan ja talouden yksikkö 2007)

### Fyysinen kerros

OSI-mallin alimpana kerroksena toimii fyysinen kerros (Physical layer), joka määrittelee tiedonsiirron fyysiset ominaisuudet. Tähän kuuluvat käytettävät

kaapeloinnit ja liittimet sekä muut sähköiset arvot, kuten jännitetasot. Fyysisen kerroksen siirtotie hoitaa varsinaisen tiedonsiirron eli bittien siirtämisen. Siirtotienä voidaan käyttää esimerkiksi Ethernet-kaapelia tai RS-485-väylää. (Hakala & Vainio 2002, 126-130.)

### **Siirtoyhteyskerros**

Siirtoyhteyskerros (Data Link layer) rakentaa kehyksen verkkokerrokselta saadulle datalle sekä tekee väylänvarauksen. Lisäksi se varmistaa, ettei tiedonsiirrossa tapahdu siirtovirheitä tekemällä varmistussumman (Hakala & Vainio 2002, 69). Kerros pitää sisällään myös lähettävän ja vastaanottavan laitteen fyysiset osoitteet eli MAC-osoitteet (Media Access Control). Tämän kerroksen keskeisenä protokollana lähiverkoissa on Ethernet. Käytettävänä laitteina ovat muun muassa sillat ja kytkimet, jotka toimivat myös fyysisellä kerroksella. (Mts. 126-127.)

### **Verkkokerros**

Verkkokerroksen (Network layer) tehtävänä on välittää kuljetuskerrokselta saadut paketit oikeisiin osoitteisiin verkkojen välillä. Tämän tehtävän hoitamiseen käytetään lähiverkoissa yleensä IP-protokollaa (Internet Protocol). Protokolla lisää pakettiin reititykseen tarvittavan tiedon, jotta reititys toteutuu. Kerroksen keskeisenä laitteena on reititin. (Hakala & Vainio 2002, 126-130.) Reitityksen avulla erilaisia liikennöintimuotoja käyttävät verkot voivat kommunikoida keskenään (mts. 164).

### **Kuljetuskerros**

Kuljetuskerroksen (Transport layer) tehtävänä on pilkkoa ylemmiltä kerroksilta saadut datat helpommin käsiteltäviin paketteihin ja välittää ne alemmille kerroksille. Lisäksi protokollat huolehtivat yhteyden muodostamisesta ja varmistavat, että lähetetty data menee vastaanottajalle perille suotuisalla kuittausmenettelyllä ja sopivassa pakettikoossa. Lähiverkoissa käytetään usein TCP-kuljetusprotokollaa (Transmission Control Protocol). Kuljetusprotokollat voivat olla esimerkiksi yhteydellisiä TCP tai yhteydettömiä UDP (User Datagram Protocol). UDP-protokolla vastaa vain datavirran pilkkomisesta, kun taas TCP-

protokolla kaikista aiemmin mainituista tehtävistä. (Hakala & Vainio 2002, 126-128.)

### **Yhteysjakso- eli istuntokerros**

Yhteysjaksokerroksen (Session layer) tehtäviin kuuluu sovellusten tiedonsiirto ja jakelu laitteiden välillä, kuten lähetyksen aloittaminen ja pysäyttäminen. Se huolehtii myös datan oikeasta välitysjärjestyksestä. Lisäksi istuntokerros vastaa tietoturvasta ja käyttöoikeuksien hallinnasta. Kerroksen yhtenä protokollana toimii esimerkiksi NFS (Network File System). (Anttila 2000, 33; Hakala & Vainio 2002, 126-128.)

### **Esitystapakerros**

Esitystapakerros (Presentation layer) määrittelee välitettävän datan ulkoasun. Kerrokseen kuuluu erilaiset koodijärjestelmämuunnokset. Järjestelmien välisessä tiedonsiirrossa tietotyyppi muunnetaan vastaanottajalle suotuisaan muotoon. Kerroksessa on usein käytössä ASCII-merkistö. (Hakala & Vainio 2002, 126-128.)

### **Sovelluskerros**

Sovelluskerroksen (Application layer) tarkoituksena on tarjota sovellukselle erilaisia verkkopalveluja. Palveluja voivat olla esimerkiksi etätoimintojen suorittamiset sekä sähköpostin välittäminen. (Anttila 2000, 32-33.)

#### **4.3.2 TCP/IP-protokollaperhe**

TCP/IP on useista eri tehtäviin suunnitelluista protokollista muodostuva protokollaperhe, joka on suunnittelu Internet-liikennöintiin. TCP/IP:n tehtävänä on verkkojen välisen tiedonsiirron toteutus tarjoten verkoille vaadittavat liikennöintisäännöt. Monet verkot, kuten Internet ja intranet, muodostuvat useista pienemmistä verkoista, jotka toimivat itsenäisinä kokonaisuuksina. IP-protokollan tehtävänä on reitittää koneiden välinen viestintä verkkojen läpi. Yhteydellinen



TCP-protokolla huolehtii koneiden välisestä luotettavasta yhteyden muodostamisesta. TCP:n rinnalle kuuluu myös yhteydetön protokolla UDP. (Hakala & Vainio 2002, 142-144.)

Viestien välittäminen vaatii useita TCP/IP-pohjaisia protokollia. Protokollaperhe voidaan jakaa sovellus-, kuljetus-, verkko- ja siirtoyhteysprotokolliin (Hakala & Vainio 2002, 142). Sovellusprotokollaa käytetään useissa tietoverkkojen tarjoamissa palveluissa. Tällainen voi olla esimerkiksi HTTP-protokolla (HyperText Transfer Protocol), joka määrittää muun muassa www-komponenttien esitystavat. Kuljetusprotokolla hoitaa sovellukselta lähtevän tiedon pilkkomisen verkon laitteille suotuisiin osiin eli paketteihin. Pakettien vastaanotto ja lähetys oikeisiin osoitteisiin toteutetaan verkkoprotokollalla ja siirtoprotokollan tehtävänä on viedä kehykset oikeille vastaanottajille. (Mts. 248.)

#### **4.3.3 Ethernet**

Ethernet on Xeroxin 1970-luvulla kehittämä lähiverkkoratkaisu, joka on yleisin maailmalla hyväksytty ja käytetty lähiverkkotekniikka. Se toteuttaa OSI-mallin kerrokset 1 ja 2. Ethernet-tekniikoille on julkaistu IEEE 802.3 standardi, joka on kehittynyt uudempien ja nopeampien kommunikointiversioiden myötä. Ensimmäinen laajasti levinnyt Ethernetin versio oli 10 Mb/s 10BASE5, jonka pohjalta standardi 802.3 on alun perin luotu. Nykyään uudempien versioiden myötä on mahdollista päästä jopa 10 Gb/s nopeuksiin. (Anttila 2000, 48-50.)

Ethernet-verkot käyttävät CSMA/CD-tekniikkaa (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection), joka seuraa tietoliikenteen kulkua, kun useat verkon laitteet yrittävät samanaikaisesti käyttää siirtotietä. CSMA/CD:n tehtävänä on varata laitteille oma datanlähetysaika, jotta törmäyksiltä vältytään. Kanavanvaraus suoritetaan kuuntelemalla verkkoa. Jos muuta tiedonsiirtoa ei tapahdu samassa Ethernet-verkossa kyseisenä aikana, laite voi aloittaa oman datanlähetysensä. Jos kuitenkin kaksi laitetta alkaa lähettää dataa samanaikaisesti, tapahtuu törmäys. Molemmat laitteet havaitsevat sen jännitetason muutoksena ja lähetykset keskeytyvät. Uudelleenlähetytlaskurin antaman satunnaisen ajan kuluessa laite tekee uudelleenlähetyksen, jolloin on pienempi riski törmäykselle. (Anttila 2000, 50-51.)

#### 4.3.4 Profinet-väylä

Profinet on Ethernet-protokollaan IEEE 802.3 pohjautuva teollisuus-Ethernet-standardi, jota käytetään teollisuuden datakommunikoinnissa. Tiedon halutaan olevan mahdollisimman reaaliaikaista. Profinet mahdollistaa TCP/IP-tiedon lisäksi syklisen ja reaaliaikaisen tiedonsiirron väylässä samanaikaisesti ilman reaaliaikaisen kommunikaation häiriintymistä. Profinet on aina 100 Mbit/s full duplex eli kommunikointi samanaikaisesti molempiin suuntiin väylällä on mahdollista. (Pyykkö 2012, 5-8; Siemens AG 2015)

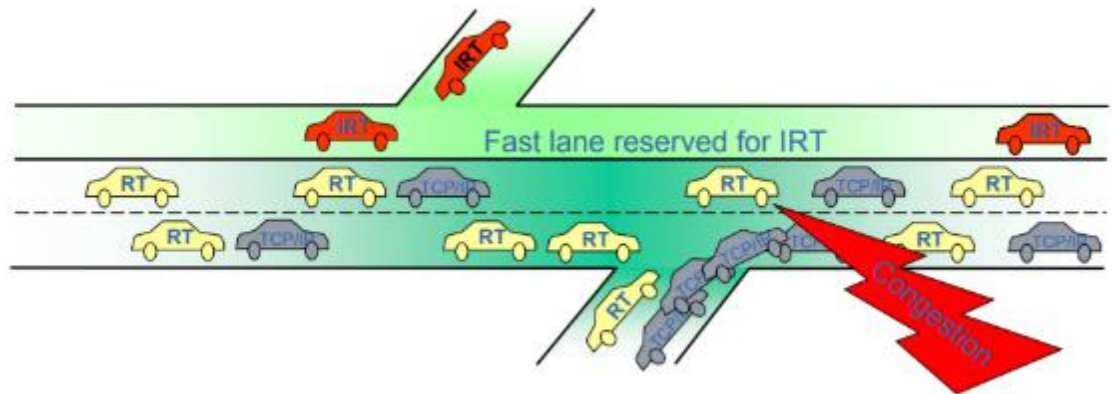
Profinet tarjoaa joustavuutta ja tehokkuutta. Se integroituu muihin kenttäväyliin ilman suuria muutoksia sekä mahdollistaa myös langattoman tiedonsiirron. Lisäksi monet tuetut verkkotopologiat sallivat joustavuutta kaapeloinnissa, millä voidaan vaikuttaa verkon kuormitukseen. Kaikki kommunikointi, kuten diagnostiikka, voidaan toteuttaa yhdellä kaapelilla, joka on suuri etu tehokkuudessa ja kustannuksissa. (Pyykkö 2012)

Profinet-väylällä on kolme kommunikointitilaa, joita käytetään eri sovelluskohdeiden mukaan. Tarvittaessa kaikkia tiloja voidaan käyttää myös samanaikaisesti. Ei-aikakriittinen NRT (Non-Real Time) on TCP/IP-kommunikointia, joka on yleisesti käytössä IT-palveluiden tiedonsiirrossa. Tätä käytetään toiminnoissa, joissa tiedon ei tarvitse kulkea deterministisesti eli ennustettavasti. Toimintoina voivat olla esimerkiksi parametrisointi ja konfiguraatio sekä diagnostiikka. (PI North America s.a.; Pyykkö 2012, 33-37.)

RT (Real Time) eli reaaliaikainen kommunikaatio on käytössä deterministisessä ja syklisessä tiedonsiirrossa. Tätä tilaa käytetään automaatio-sovelluksissa, jossa sykli-aika on 1-10 millisekuntia. Se mahdollistaa muun muassa käyttäjätietojen tehokkaan syklisen tiedonsiirron sekä tapahtumien hälytysten ja viestien siirtämisen reaaliaikaisesti. (PI North America s.a.; Pyykkö 2012, 33-37.)

IRT (Isochronous Real Time) on synkronoitua reaaliaikaista datansiirtoa, jonka syklijakat ovat alle yhden millisekunnin ja värinä < 1 mikrosekuntia. Sitä käytetään tahdistetun prosessidatan tiedonsiirtoon sekä liikeohjauksiin. IRT:lle on

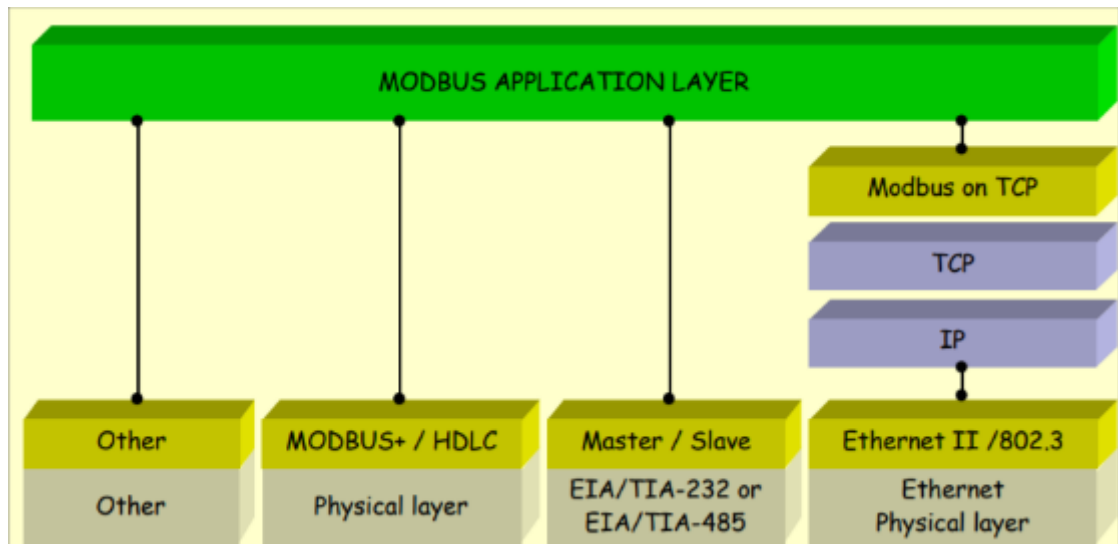
myös erillinen aikaikkuna muihin tiloihin verrattuna. Tämä takaa sen, ettei muiden tilojen kommunikaatiot pääse keskeyttämään sen tiedonkulkua. Lisäksi sille on varattu oma nopea kaista väylällä, jotta reaaliaikainen tiedonsiirto toteutuu riippumatta väylän kuormituksesta (kuva 13). Muiden tilojen kommunikaatiot ovat mahdollista väylällä samanaikaisesti. (PI North America s.a.; Pyykkö 2012, 33-37.)



Kuva 13. Kaistanvaraus väylällä (Pyykkö 2012, 36)

## 5 LIKENNÖINTIPROTOKOLLA MODBUS

Modbus on Modiconin vuonna 1979 kehittämä liikennöinti-protokolla, joka toimii OSI-mallin 7. kerroksessa. Protokollasta on muodostunut de facto -standardi. Modbus on avoin ja lisenssimaksuton protokolla, joka mahdollistaa myös eri laitevalmistajien Modbus-protokollaa tukevien laitteiden liittämiset toisiinsa. Modbus on pyyntö/vastaus protokolla, jota käytetään usein teollisuudessa laitteiden väliseen kommunikointiin, kun laitteiden välillä on erilaisia väylä- ja verkkoratkaisuja. Se soveltuu muun muassa ohjelmoitavan logiikan ja toimilaitteen väliseen tiedonsiirtoon. (Modbus 2012, 2-3; Modbus s.a.) Kuvas-  
sassa 14 on esitetty Modbus-protokollan kommunikointirakennetta.

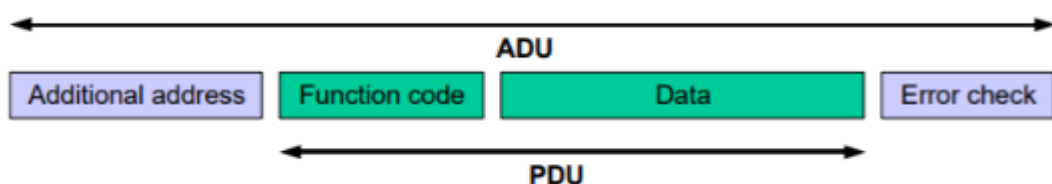


Kuva 14. Modbus-protokollan rakenne (Modbus 2012, 2)

Modbusin sovellustaso (Application layer) sijaitsee OSI-mallin 7. kerroksessa, mikä mahdollistaa laitteiden välisen Client/Server-kommunikoinnin väylissä. Modbusille on olemassa sarjaväylä-, TCP- ja Modbus+-versiot. Protokollan fyysisen kerroksen yleisimmät liikennöintitavat sarjaväyläliikenteelle ovat RS-232 ja RS-485 sekä TCP-versiolle Ethernet TCP/IP. (Modbus 2012, 2-3.) Tässä työssä keskitytään erityisesti Modbus RTU -sarjaväyläprotokollaan ja Modbus TCP -protokollaan.

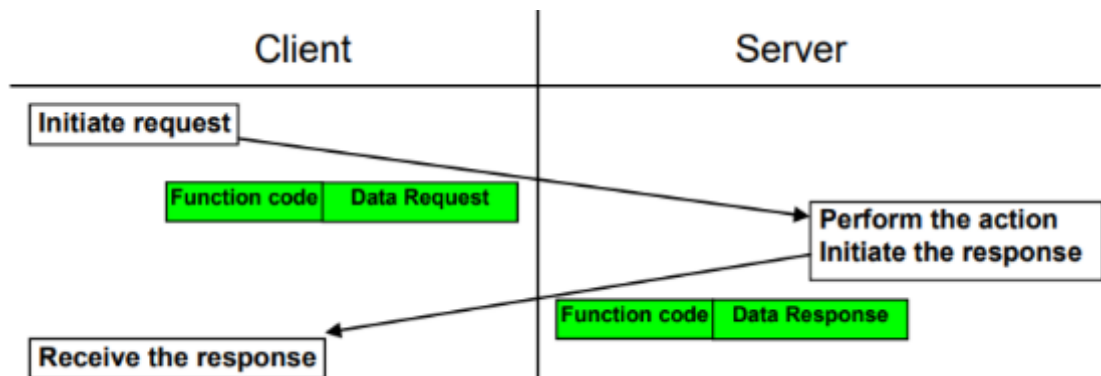
### 5.1 Modbus-protokollan kuvaus

Tämän luvun kuvaus Modbus-protokollasta perustuu Modbusin (2012, 3-9) tarkasteluihin. Protokollan yleinen kehys koostuu kuvan 15 mukaisesta protokolladatayksiköstä PDU (Protocol Data Unit) ja sovelluksen datayksiköstä ADU (Application Data Unit). PDU sisältää funktiokoodin ja datakentän sekä se on riippumaton muista kommunikointikerroksista. Sovelluksen datayksikkö sisältää PDU:n ja sen muu rakenne, osoitekenttä ja virheentarkistus, riippuu väylästä tai verkosta.



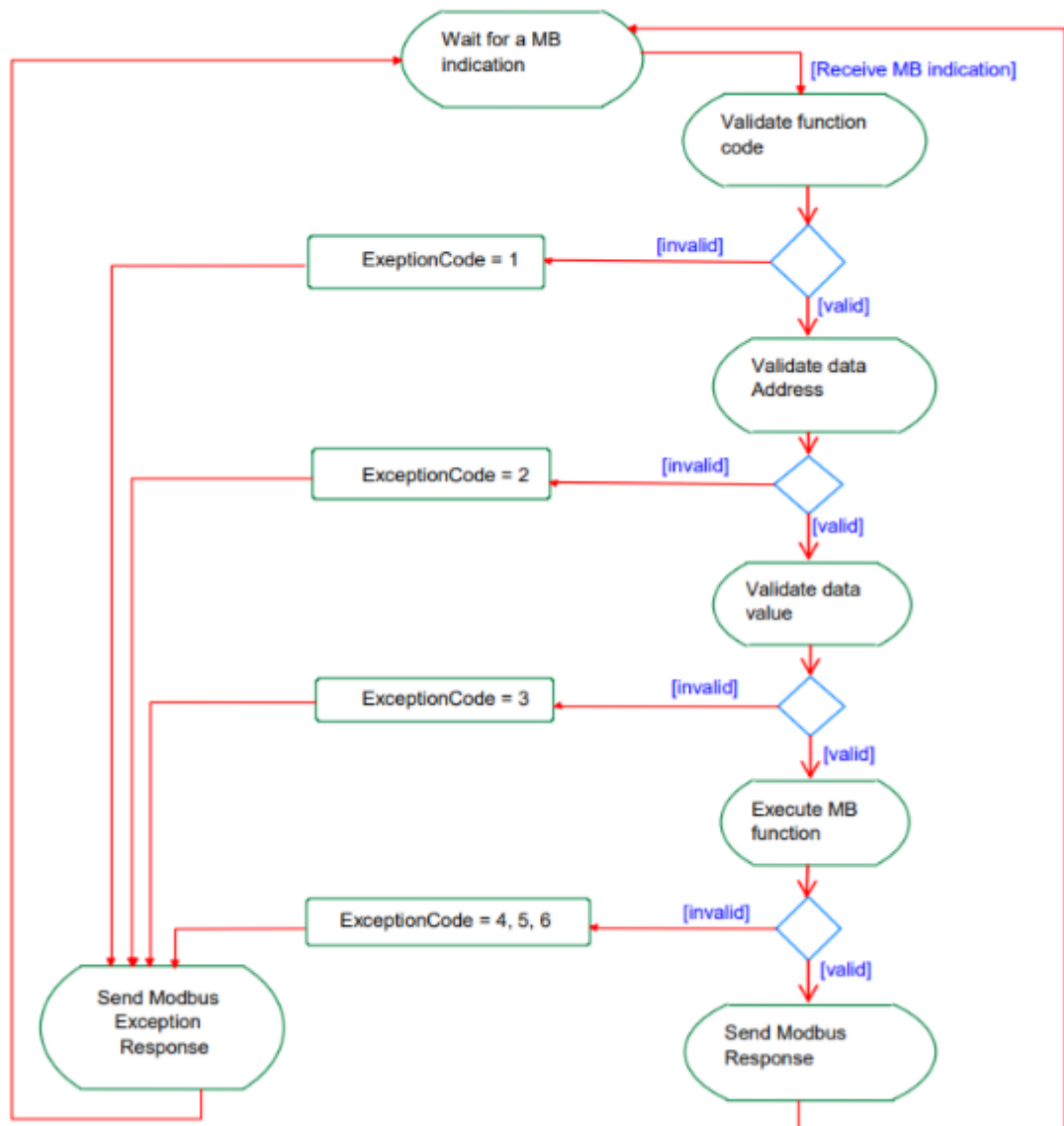
Kuva 15. Modbus-protokollan yleinen kehys (Modbus 2012, 3)

Modbusin ADU muodostuu, kun Client haluaa aloittaa Modbus-tapahtuman. ADU:n kehys rakentuu Clientin pyytämän toiminnon mukaan. Client lähettää pyynnön Serverille, joka sisältää sovelluksen datayksikön paketin. Funktiokoodi kertoo Serverille, minkälaisesta toiminnosta on kyse. Datakentän tehtävänä on antaa tarvittaessa lisätietoa toiminnon suorittamiselle. Server vastaanottaa pyynnön ja lähettää vastauksen Clientille. Vastaus sisältää funktiokoodin ja pyydetyn datan. Kuvassa 16 on esitetty onnistunut Modbus-pyyntö.



Kuva 16. Onnistunut Modbus-pyyntö (Modbus 2012, 4)

Serverin vastatessa Clientille funktiokoodi kertoo onnistuneesta vastauksesta tai mahdollisesta virhetilanteesta. Virheen ilmetessä Server lähettää takaisin poikkeavan vastauksen, jossa palautettava koodi vastaa alkuperäistä pyydettyä koodia PDU:lta. Vastaus sisältää tässä tapauksessa *Exception Coden*, joka kertoo virheen syyn. Kuvassa 17 on yksinkertaisesti havainnollistettu diagrammin avulla Modbus-tapahtuma Serverin puolelta.



Kuva 17. Modbus-tapahtuma (Modbus 2012, 9)

Server vastaanottaa pyyntöviestin ja vahvistaa funktiokoodin. Tämän jälkeen se vahvistaa datan osoitteen ja arvon ja suorittaa pyydetyn Modbus-toiminnon, jonka jälkeen lähettää onnistuneesta pyynnöstä vastauksen Clientille. Jos prosessin aikana ilmenee virhe, syntyy *Exception Code* ja Server lähettää Clientille poikkeavan vastauksen.

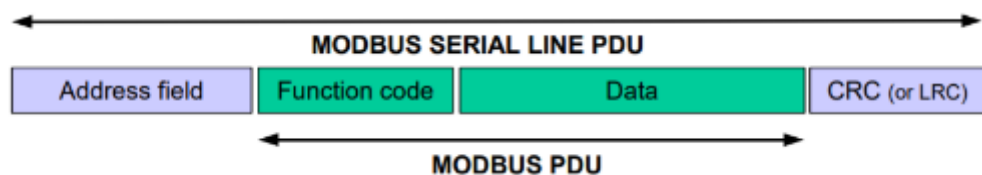
## 5.2 Modbus-sarjaväyläliikenne

Tämän luvun kuvaus Modbus-sarjaväyläliikenteestä perustuu Modbusin (2006, 4-8) pohdintoihin. Modbusin sarjaväyläprotokolla sijaitsee OSI-mallin 2. kerroksessa ja sen toimintamallina on Master/Slave-kommunikointi. Järjestelmässä on vain yksi isäntäsolmu (Master) ja enintään 247 orjasolmua (Slave), mitkä ovat yhteydessä samalla väylällä. Isäntäsolmun tehtävänä on lähettää

komentoja orjasolmuille ja käsitellä niiden vastaukset. Orjasolmut eivät siirrä tietoa ilman isäntäsolmun pyyntöä ja ne eivät kykene kommunikoimaan keskenään. Lisäksi isäntäsolmulla voi olla vain yksi tapahtuma kerrallaan käynnissä.

Isäntäsolmu voi tehdä Modbus-pyyntöä orjasolmuille joko täsmä- tai yleislähetystiloissa. Täsmälähetystilassa isäntä käsittelee vain yhtä tiettyä orjaa, jolla täytyy olla yksilöllinen osoite (1–247). Orjasolmuilla pitää olla osoite, mutta isäntäsolmulla ei ole erityistä osoitetta. Modbus-tapahtumassa isäntä lähettää pyynnön orjalle. Kun orjasolmu on vastaanottanut pyynnön, se lähettää vastauksen takaisin isännälle. Tapahtuma sisältää näin ollen vain kaksi viestiä. Yleislähetystilassa isäntä lähettää pyynnön kaikille orjasolmuille, mutta tässä tilassa orjat eivät lähetä vastausta takaisin. Yleislähetysten pyynnöt ovat kirjoituskomentoja ja kaikkien laitteiden täytyy hyväksyä niitä. Yleislähetykselle on varattu tunnistamiseksi osoite 0.

Modbus-protokollan kehys riippuu käytetystä väylästä tai verkosta. Sarjaväyläliikenteessä kehys koostuu yksinkertaisesta, riippumattomasta protokolladatayksiköstä Modbus PDU ja isännän pyytämän toiminnon mukaisesta Modbus Serial Line PDU:sta. Kuvassa 18 on esitetty esimerkki yleisestä sarjaväyläkehuksesta.



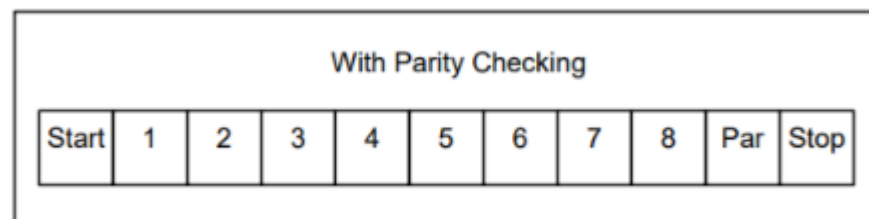
Kuva 18. Modbus-kehys sarjaväyläliikenteelle (Modbus 2006, 8)

Modbus Serial Line PDU sisältää yleisen PDU:n lisäksi osoitekentän ja virheentarkistuksen. Osoitekenttä koostuu ainoastaan orjan yksilöllisestä osoitteesta. Isäntä asettaa orjan osoitteen kenttään, jolle haluaa lähettää pyynnön. Vastatessaan isännälle orja asettaa osoitteensa osoitekenttään, jotta isäntä tunnistaa vastaavan orjan. Lopuksi on virheentarkistus, joka riippuu sarjaväylässä käytettävästä tiedonsiirtotilasta, joita ovat RTU ja ASCII. Tässä opinnäytetyössä jätetään ASCII:n tarkistelu vähäiselle.

### 5.3 Modbus RTU

Modbus (2006, 12-13) esittää RTU-tiedonsiirtotilan ominaisuuksia, joita tässä luvussa käydään läpi yksityiskohtaisesti. Modbus-sarjaväyläliikenteellä on kaksi tiedonsiirtotilaa, RTU ja ASCII. Tiedonsiirtotila määrittää tiedon siirtymisen väylällä, miten tieto on pakattu ja dekodattu. Kaikilla sarjaväylän laitteilla täytyy olla sama tiedonsiirtotila. RTU on pakollinen kaikille laitteille ja ASCII on vaihtoehtoinen. Sitä tarvitaan vain tietyissä sovelluksissa, mutta laitteiden välillä on kuitenkin oltava ASCII-tiedonsiirtotila.

Modbus RTU:lla (Remote Terminal Unit) kommunikoitaessa viestin jokainen 8-bittinen tavu sisältää kaksi 4-bitin heksadesimaalimerkkiä. RTU-tiedonsiirtotilan suurin etu verrattuna ASCII-tilaan on sen suurempi merkkitiheys, joka mahdollistaa paremman tiedonsiirtotehon samalla siirtonopeudella. Kukin tavu on muodoltaan 11-bittinen RTU:ssa. Tavu sisältää yhden aloitus-, pariteetti- ja pysäytysbitin sekä kahdeksan databittiä, jossa vähiten merkitsevin on ensin. Kuvassa 19 on esitetty esimerkki bittisekvenssin siirtymisestä sarjaväylällä.



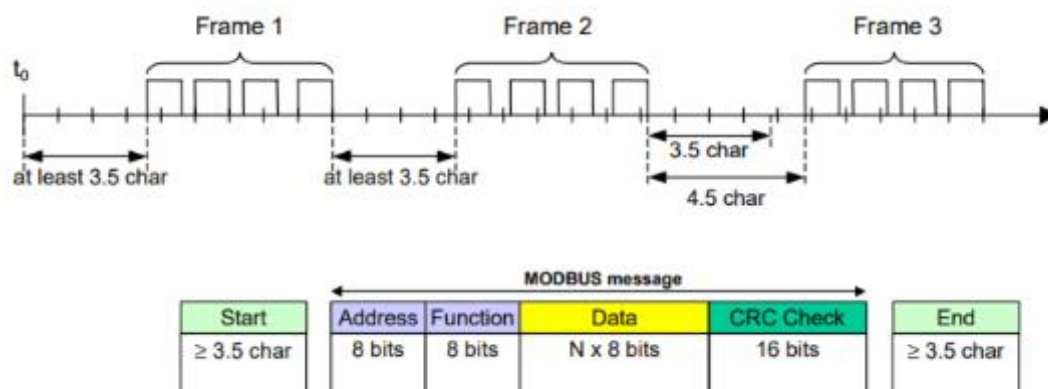
Kuva 19. Bittisekvenssi RTU-tiedonsiirtotilassa (Modbus 2006, 12)

Jokainen tavu lähetetään vasemmalta oikealle. Ensin lähetetään aloitusbitti, jonka jälkeen vähiten merkitsevistä databitistä lähtien aina pariteetti- ja pysäytysbittiin. Parillinen pariteetti on oletuspariteettitila, joka vaaditaan aina laitteelta. Lisäksi muita käytössä olevia tiloja ovat pariton pariteetti ja ilman pariteettia. Jos käytössä ei ole pariteettia, pariteettibitin tilalla on toinen pysäytysbitti.

Modbus RTU:n viestikehys muodostuu maksimissaan 256 tavusta (kuva 20). Osoitekenttä ja funktiokoodi ovat molemmat yhden tavun mittaisia. Datakentän pituus voi olla 0–252 tavua ja virheentarkistus CRC on kahden tavun mittainen. Lähettävän laitteen Modbus-viestille on aloitus- ja lopetuspisteet, jotka ovat vähintään 3,5 merkin pituisia hiljaisia taukoja. Näin laitteet tunnistavat,



milloin uusi viestikehys alkaa ja loppuu. Kuvassa 20 on esitetty RTU-tiedonsiirtotilan viestikehysten rakenne ja lähetys.



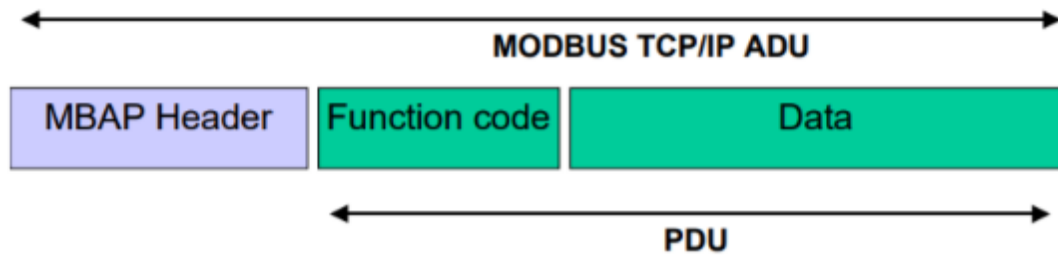
Kuva 20. Modbus-viestin kehys RTU-tiedonsiirtotilassa (Modbus 2006, 13)

Jokainen uusi kehys alkaa vähintään 3,5 merkin mittaisella hiljaisella välillä. Koko viestikehys täytyy siirtää jatkuvana merkkijonona. Jos kehysten kahden merkin välillä oleva hiljainen tauko on yli 1,5 merkkikertaa, viestikehys on epäonnistunut ja vastaanottaja hylkää sen. Viestin jälkeen on lopetuspiste ja uusi kehys voi alkaa alusta.

#### 5.4 Modbus TCP

Modbus TCP (Transmission Control Protocol) on avoin ja yksinkertainen Internetin tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään laitteiden väliseen tiedonsiirtoon sekä niiden valvomiseen ja ohjelmointiin. Modbus TCP käyttää maailmalla laajasti käytössä olevaa TCP/IP-verkkostandardia, jonka fyysisenä verkkona toimii Ethernet. Modbusin yksinkertaisuus ja edullisuus perustuu juuri sen helppoon toteutukseen mille tahansa laitteelle, joka tukee TCP/IP-liitäntää. Modbus TCP:lle on varattu TCP/IP-pinossa portti 502. (Modbus s.a.)

Modbus TCP:n toimintaperiaatteena on Client/Server-kommunikointi, jossa Client toimii pyynnön lähettäjänä ja Server vastaa pyyntöön. Laitteiden välinen liikennöinti toteutetaan Ethernet TCP/IP -verkon välityksellä. Client/Server-malli perustuu neljään erilaiseen viestiin. Client lähettää pyynnön (request) tapahtuman aloittamiseksi ja Server vastaanottaa pyyntöviestin (indication). Tämän jälkeen Server lähettää vastauksen (response) Clientille ja Client vastaanottaa vastausviestin (confirmation). (Modbus-IDA 2006, 2.)



Kuva 21. Modbus TCP-protokollan kehys (Modbus-IDA 2006, 4)

Kehykseltään Modbus TCP -protokolla eroaa hieman Modbus-sarjaväyläläikenteestä (kuva 21). TCP sisältää saman protokolladatayksikön PDU, mutta sen Modbus TCP/IP ADU ei sisällä osoitekenttää tai virheentarkistusta. Niiden sijaan siihen lisätään MBAP Header (Modbus Application Protocol Header). MBAP Header sisältää tapahtuma- ja protokollatunnisteen, pituuden sekä yksikkötunnisteen. (Modbus-IDA 2006, 4-5.)

## 6 ETÄTUNNISTUSTEKNIikka RFID

RFID (Radio Frequency Identification) tarkoittaa radioaaltoihin perustuvaa etätunnistusta, jota käytetään tuotteiden ja ihmisten tunnistamiseen ja yksilöintiin. Sen toiminta perustuu RFID-tunnisteen mikrosirulle tallennetun tiedon langattomaan lukemiseen RFID-lukijalla, josta tiedot välittyvät muihin tietojärjestelmiin, kuten tässä työssä kulunvalvonnan Ontec RTA:han. Molemmat, lukija ja tunniste, sisältävät antennin, joka mahdollistaa tiedon lähettämisen ja vastaanottamisen. Kun tunniste näytetään lukijalle, se saa tarvitsemansa virran ja siirtää tallennetun tiedon antennillaan lukijalle. Radioaaltojen avulla lukija vastaanottaa omalla antennillaan tiedot, jotka se muuttaa digitaaliseen muotoon tietojärjestelmille. (Lahiri 2006, 6-11; Mitä on RFID? s.a.)

RFID-tekniikkaa voidaan soveltaa matkapuhelimissa, logistiikassa, kaupoissa ja kulunvalvonnassa. Esimerkiksi kulunvalvonnassa RFID-lukijoilla voidaan toteuttaa ovien aukaiseminen sekä kulkutapahtumien seuranta. (RFID-tekniikan soveltamisalueita s.a.) Ne sopivat myös moniin samoihin käyttökohteisiin kuin viivakoodit, mutta niillä on monia etuja verrattuna viivakoodeihin. RFID-tekniikat eivät tarvitse tunnistukseen näkyvää kontaktia tunnisteen kanssa ja RFID-tunnisteiden sisältöä on mahdollista muokata jälkikäteen, mikä ei ole

mahdollista viivakoodeille. Lisäksi tunnisteen lukuetaisyys pystytään vaikuttamaan käyttökohteen mukaan. (Mitä on RFID? s.a.)

RFID-tunnisteet voivat olla passiivisia, puolipassiivisia tai aktiivisia. Passiivisella tunnisteella ei ole omaa virtalähdettä. Se saa tarvitsemansa energian lukijalta, jotta pystyy lähettämään varastoimansa tiedon lukijalle. Tästä syystä tunnisteen elinikä on pitkä. Lisäksi passiiviset tunnisteen ovat yleisesti halpoja ja ne ovat kooltaan pieniä. Sen lukuetaisyys on alle senttimetristä jopa yhdeksään metriin. (Lahiri 2006, 9.)

Puolipassiivisilla tunnisteen on oma virtalähde, kuten paristo. Virtalähde tarjoaa energian tunnisteen omiin valmiustilatoimintoihin, mutta tiedonsiirrossa se kuitenkin tarvitsee passiivisen tavoin lukijan lähettämää energiaa. Lukuetaisyys puolipassiivisilla tunnisteen voi olla jopa 30 metriä. (Lahiri 2006, 17.)

Aktiiviset RFID-tunnisteet sisältävät oman virtalähteen, joka voi olla esimerkiksi paristo tai akku. Se käyttää omaa virtalähdettään tiedonsiirtoon lukijalle, eikä muiden tunnisteen tavoin tarvitse lukijan energiaa. Tässä tapauksessa tunniste kommunikoi aina ensimmäisenä ennen lukijaa, kun muissa tapauksissa lukija kommunikoi ensin. Lukuetaisyys aktiivisilla tunnisteen on yli 30 metriä. Tunnisteen heikkoutena ovat korkea hinta ja tehonkulutus. (Lahiri 2006, 15; Pulli ym. 2009, 75.)

## 6.1 Taajuusalueet

Tämän luvun kuvaukset perustuvat Lahirin (2006, 4-6) ja Pullin ym. (2009, 77-78) pohdintoihin RFID-teknologian taajuusalueista ja niiden käyttökohteista. Tunnisteen eroavat virransyötön lisäksi myös käyttötaajuuden mukaan. RFID-teknikka käyttää erilaisia taajuusalueita, joilla pystyy vaikuttamaan lukuetaisyys ja tiedonsiirtonopeuksiin. Taajuuksille on neljä luokkaa:

- *Low frequency* (LF)
- *High frequency* (HF)
- *Ultra-high frequency* (UHF)
- *Microwave frequency*

Matalataajuiset (LF) järjestelmät käyttävät taajuusaluetta 125–134 kHz, joka on hyväksytty maailmanlaajuisesti. Tämän taajuusalueen järjestelmien tunnisteteet ovat yleensä passiivisia tunnisteita ja järjestelmillä on alhainen tiedonsiirtonopeus. Lisäksi lukuetaisyys on alle yhden metrin. Matalataajuiset järjestelmät soveltuvat kuitenkin hyvin vaihteleviin sääolosuhteisiin sekä ympäristöihin, joissa on muun muassa metalleja, nesteitä tai likaa. Taajuusalueen sovel-lusalueina ovat esimerkiksi eläinten seuranta ja kulunvalvonta.

Korkeataajuisen (HF) RFID-järjestelmien maailmanlaajuisesti hyväksytty taa-juusalue on välillä 3–30 MHz, mutta yleisesti käytössä on 13,56 MHz:n taa-juus. Järjestelmien tunnisteteet ovat tyypillisesti passiivisia ja tiedonsiirtonopeus lukijan ja tunnisteen välillä on hidasta. Myös korkeataajuisissa järjestelmissä toimintaetaisyys on vain yhden metrin luokkaa. Korkeataajuiset järjestelmät sopivat matalataajuisen tavoin vaihteleviin sääolosuhteisiin. Lisäksi ne toimi-vat hyvin ympäristöissä, joissa on nesteitä ja metalleja. Korkeataajuisia järjes-telmiä käytetään tyypillisesti esimerkiksi esineiden jäljittämisessä ja seuran-nassa, henkilötunnistuksessa sekä kulunvalvonnassa.

Ultrakorkean taajuuden (UHF) järjestelmiä käytetään hyödyksi muun muassa logistiikassa henkilö- ja rekka-autojen sekä kuljetusyksiköiden jäljittämisessä. Lisäksi porteilla voidaan käyttää UHF-järjestelmiä ajoneuvojen tunnistukseen. Ultrakorkeataajuisen järjestelmien taajuusalue on 300–1000 MHz, mutta se ei ole yhteneväinen maailmalla, kuten matala- ja korkeataajuisilla järjestelmillä. Euroopassa on yleensä käytössä 869 MHz:n taajuus, kun taas Yhdysvalloissa on 915 MHz:n taajuus.

Ultrakorkeataajuisissa järjestelmissä voidaan käyttää passiivisten tunnisteen lisäksi myös aktiivisia tunnisteita. Molemmat tarjoavat nopean tiedonsiirron lu-kijan ja tunnisteen välillä. Lukuetaisyysissä päästään jo 3–10 metriin. UHF-järjestelmien heikkoutena on niiden herkkyys sääolosuhteille. Lisäksi toimin-taympäristön metallit ja nesteet voivat aiheuttaa häiriötä RFID-järjestelmän toiminnassa.

Mikroaaltotaajuisen järjestelmien yleinen taajuus on 2,45 GHz, joka on kan-sainvälisesti hyväksytty ISM-taajuus (Industry, Scientific and Medical). Tällä

taajuusalueella voidaan käyttää puolipassiivisia tai passiivisia tunnisteita. Tiedonsiirtonopeus tunnisteen ja lukijan välillä on kaikista taajuusalueista nopein. Lukuetaisyydet voivat olla jo 10–30 metrin pituisia. Mikroaaltotaajuiset järjestelmät toimivat erittäin heikosti metallien ja nesteiden lähellä. Mikroaaltotaajuisien RFID-järjestelmien käyttökohteena ovat muun muassa liikkuvien yksiköiden, kuten rekka-autojen, tunnistaminen.

## 6.2 RFID-tekniikan käyttö autolastausasemalla

Bitumin autolastausaseman kulunvalvonta ja -hallinta toteutetaan Ontec RTA:lla. Lastausasemalla käytetään nykyaikaista RFID-teknologiaa, joka hoitaa alueella liikkuvien henkilöiden tunnistamisen ja seurannan. Esimerkiksi kuljettajalla on hallussaan RFID-tunniste, joka sisältää tunnistekoodin. Tunniste näytetään RFID-lukijalle ja kulunvalvonnan tietokannasta katsotaan, kelle tunniste kuuluu. Jos työluvut yms. ovat kunnossa, kuljettajalla on kulkulupa määrättyihin tiloihin.

Kaikki lastausasemalla käytössä olevat tunnistekortit ovat passiivisia MIFARE® DESFire -tunnisteita, jotka käyttävät korkeataajuisia 13,56 MHz:n taajuutta. MIFARE® DESFire -tunnisteet ovat tämän hetken turvallisinta RFID-teknologiaa, sillä ne sisältävät salauksen kopioinnin ja hakkeroinnin estämiseksi. Jokainen tunniste koodataan erikseen järjestelmälle sopivaksi. (MIFARE® DESFire -tunnisteet s.a.)

Lastausasemalla on käytössä kahdenlaisia RFID-lukijoita, jotka molemmat toimivat korkeataajuisella 13,56 MHz:n taajuudella ja tukevat MIFARE® DESFire -tunnisteita. Toinen lukijoista on kuormanhallintatilan tietokoneella oleva Idescon 9 CD 2.0 (kuva 22), joka on yhdistetty koneeseen USB-liitynnällä. 9 CD 2.0 on kirjoittava lukija, jota voidaan henkilöntunnistuksen lisäksi käyttää RFID-korttien ohjelmoimiseen ja maksusovelluksiin. Näyttämällä tunnisteen lukijalla kuljettaja tunnistautuu ja kirjautuu tietokoneelle, jotta pääsee käyttämään OntecMiLo-kuormanhallintaohjelmaa. (9 CD 2.0 s.a.)



Kuva 22. RFID-lukija 9 CD 2.0 (9 CD 2.0 s.a.)

Kuormanhallintatilan ovella ja lastauspääteen operointipaneelilla on FEIG ELECTRONIC -yritykseltä saatavilla oleva ID CPR50.10-E -lukija (kuva 23), joka on seinäasennettava korttilukija. Nämä lukijat ovat liitetty järjestelmään Ethernet-väylillä, joilla toteutetaan salattu tiedonsiirto sekä toimivat lukijoiden virtalähteinä. Lukijoiden käyttökohteina ovat alueen aika- ja kulunvalvonta. (FEIG ELECTRONIC 2016.)



Kuva 23. RFID-lukija ID CPR50.10-E (FEIG ELECTRONIC 2016)

## 7 OHJELMIEN VÄLINEN SANOMALIIKENNE

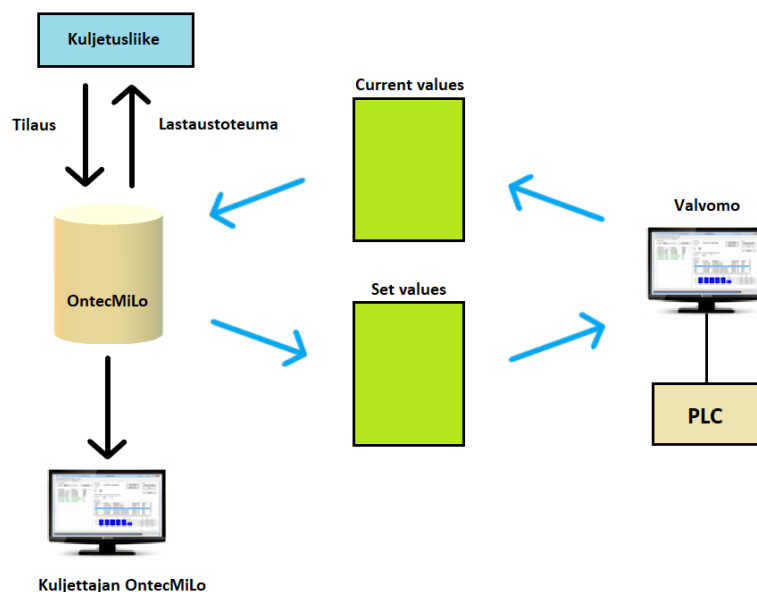
Laitteiden ja ohjelmien välillä kulkee sanomaliikennettä, jotka sisältävät lastausaseman järjestelmissä olevaa tietoa. Asiakkaiden järjestelmät linkitetään

Ontecin järjestelmiin sanomaliitynnöin. Tiedonsiirrot voivat olla esimerkiksi OntecMiLo-kuormanhallintaohjelmaan tulevia lastaussuunnitelmia ja sieltä takaisin lähteviä lastaustoteumia. Kaikki tämä data on tallennettu Microsoft SQL Server -tietokantaan.

Microsoft SQL Server -tietokanta sisältää lastausasemalla käytössä olevat kolme tietokantaa: Ontec RTA, OntecMiLo ja Ontec Data Interface (ODI). Ontec RTA -tietokanta koostuu lastauspaikan kulunvalvonnan ja henkilöiden tiedoista. Sinne tallentuvat muun muassa kuljettajien ID-tunnisteet sekä kulkuluvat, joita voidaan muokata tarvittaessa järjestelmästä. OntecMiLo-tietokanta sisältää kaikki kuormiin liittyvät tiedot. Kun esimerkiksi kuorma on lastattu, sen lastaustiedot tallentuvat pysyvästi tietokantaan, josta ne voidaan myöhemmin hakea. Vastaavasti ODI-tietokanta hoitaa tiedon lähetyksen logiikalle.

## 7.1 Ontec Data Interface

Ontec Data Interface (ODI) on Ontecin kehittämä tietokanta, joka huolehtii tiedon siirtämisestä logiikalle. OntecMiLon ja valvomon välillä on rajapinta eli ne pystyvät kommunikoimaan ja vaihtamaan tietoa keskenään. Kuljetusliike lähettää pilven kautta tilaukset OntecMiLolle, josta niiden tiedot saadaan siirrettyä valvomoon. Lastauksen jälkeen valvomosta lähtee lastaustiedot takaisin OntecMiLolle ja sieltä toteumat edelleen kuljetusliikkeelle. Kuvassa 24 on esitetty yksinkertaistettuna sanomaliikenne järjestelmässä.



Kuva 24. Sanomaliikenne järjestelmässä

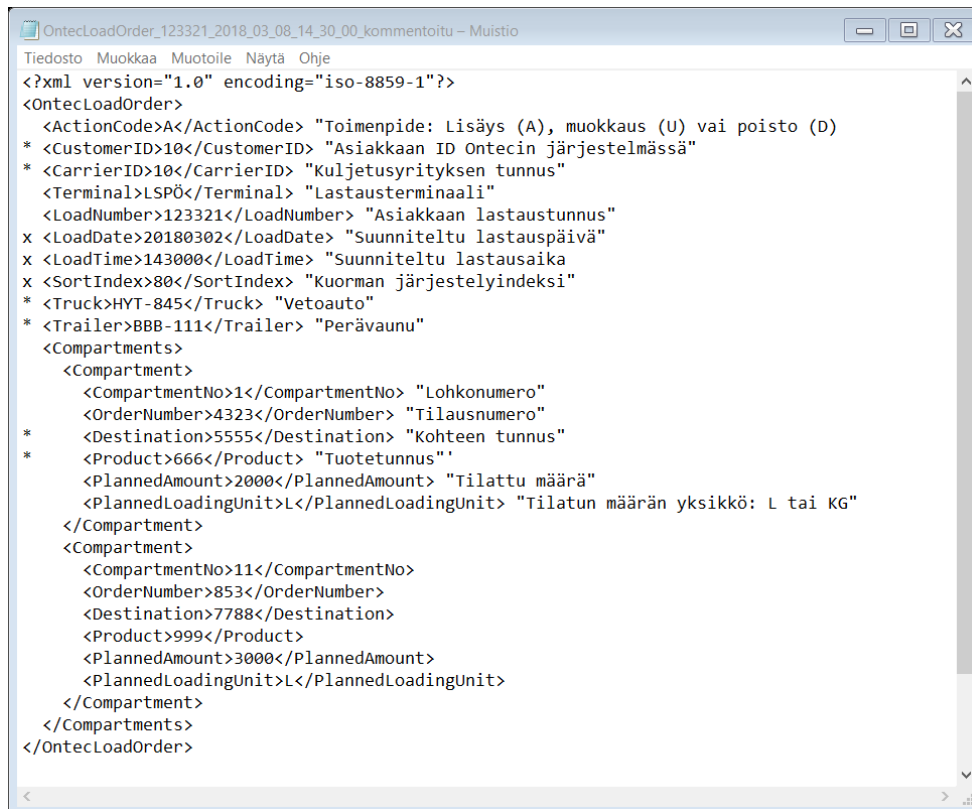
ODI-tietokanta muodostuu kahdesta taulusta, *Current values* ja *Set values*, joiden välillä vaihdetaan tietoa (kuva 24). Taulut muodostuvat riveistä, jotka sisältävät kuormien tietoja, kuten asiakkaan ja lastausmäärän. *Current values* -tauluun tallentuvat kaikki nykyiset tagien arvot, jotka löytyvät valvomosta. Jos OntecMiLon tarvitsee tietää logiikassa ja valvomossa olevat arvot, ne katsotaan tästä taulusta.

*Set values* -taulua hyödynnetään, kun halutaan tehdä muutoksia logiikalle ja valvomolle meneviin tietoihin. Tämä onnistuu lisäämällä uusia rivejä tauluun. OntecMiLo-kuormanhallintaohjelmaan tulevat kuormasuunnitelmien tiedot asettuvat *Set values* -tauluun. Valvomo tietyin aikavälein tarkistaa, onko tauluun tullut käsittelemättömiä pyyntöjä ja käsittelee ne. Lastauksen päätteeksi tiedot siirtyvät valvomosta *Current values* -tauluun ja siitä takaisin OntecMiLon kautta kuljetusliikkeelle.

## 7.2 Sanomien rakenne

OntecMiLo-kuormanhallintaohjelman ja kuljetusliikkeen välillä liikkuu sanoma-liikennettä, jotka sisältävät tilauksien lastaustietoja. Nämä tiedot voidaan esittää XML-dokumenttina. Dokumentti sisältää XML-kieltä, jolla voidaan luoda tunnisteita, joita tarvitaan tiedon rakenteen kuvaamiseen. Dokumentista on nähtävissä jokaiselle tilaukselle omat yksilölliset tiedot ja sen rakenne on tilauksesta riippumatta samanlainen. Kuvissa 25 ja 26 ovat esitetty XML-dokumentteina esimerkkitilauksen lastaussuunnitelman ja -toteuman rakenne.





Kuva 25. Kuormasuunnitelma XML-dokumenttina (Korja 2018)

Ensimmäisenä tarkastelussa on kuljetusliikkeeltä saatava kuormasuunnitelma (kuva 25). *ActionCode* on toimenpide, jolla tilaus voidaan lisätä tai poistaa järjestelmästä tai siihen voidaan tehdä muokkaus. Tämä voidaan tehdä kirjaintunnisteilla A (lisäys), U (muokkaus) tai D (poisto). Tämän jälkeen esitetään asiakkaan tunniste, kuljetusyrityksen tunnus, lastaustermiinali ja asiakkaan lastaustunnus. Lisäksi lastauksille on asetettu suunnitellut lastauspäivämäärät ja -ajat. Kuormanhallintaohjelmassa näkyvät avoimet kuormat on valmiiksi järjestetty, mistä kuljettaja ottaa ensimmäisenä olevan kuorman. Järjestely voidaan toteuttaa kuorman järjestelyindeksillä ja lastausajalla.

Kuormasuunnitelmassa on esitetty myös lastauksessa käytettävät kuljetusyksiköt, vetoautot ja perävaunut, rekisterinumeroin (kuva 25). Tämän jälkeen on lajiteltu lohkot, joihin lastaukset suoritetaan. Lohkojen tiedoista nähdään lohkonumerot, jotka ovat vetoautoilla 1–10 ja perävaunuilla luvusta 11 ylöspäin. Lisäksi se sisältää lohkojen tilausnumeron, toimituspaikan, tuotteen, tilatun määrän ja tilatun määrän yksikön, joka voi olla joko kiloina tai litroina. Kuormasuunnitelman \*-merkityt tiedot pitää vastata kuormanhallintaohjelman tietoihin.

Seuraavaksi tarkastellaan toteutuneen lastauksen tietoja, jotka on esitetty kuvassa 26. Toteumat ovat sanomia, jotka lähetetään takaisin kuljetusliikkeelle. Niiden rakenne vastaa paljon kuormasuunnitelman omaa. Ensin kerrotaan lastaustermiinaali, asiakkaan lastaustunnus ja kuljetusyksiköt. Yksi ero kuormasuunnitelmaan verrattuna on lastausajan esittämisessä. Toteumassa on esitetty tarkemmin lastauspäivämäärän ja -ajan aloitukset ja lopetukset.



Kuva 26. Lastaustoteuma XML-dokumenttina (Korja 2018)

Toteuman tilaukset on lajiteltu tilausnumeron ja toimituspaikan suhteen (kuva 26). Niistä nähdään, miten tilaus on toteutunut lohkoittain. Myös lohkojen lastaustiedot on kirjattu laajemmin kuin lastaussuunnitelmissa. Ne sisältävät lohkonnumeron ja tuotteen lisäksi tiedot lastatusta määrästä, lastatuista normaalilitroista ja kiloista sekä tuotteen lämpötilan ja tiheyden.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua ja mallintaa Porin Tahkoluodon öljy- ja kemikaalisatamaan valmistuvan bitumin autolastausaseman lastaustapahtuman sanomaliikenteen käsittely sekä siihen liittyvän automaatiojärjestelmän

tiedonsiirto. Tarkoituksena oli tuoda esille terminaalissa suoritettavan lastaus-tapahtuman kulku ja siihen liittyvät lastausasemalla käytössä olevat Ontecin valmistamat ohjelmat, lastauksen ohjaustoiminnoista vastaavat laitteet sekä järjestelmän laitteiden välinen tietoliikenne. Lisäksi haluttiin dokumentoida, kuinka sanomat liikkuvat järjestelmässä ja miten tilauksen sanoman rakenne muodostuu.

Aiheille ei muodostettu tiukkaa rajausta ja laajuudet muodostuivat opinnäytetyön tekemisen aikana. Työn rajaus pidettiin kuitenkin automaatioverkon sekä terminaalilla käytössä olevien ohjelmien ja laitteiden välisessä tiedonsiirrossa. Mittausjärjestelmän tiedonsiirrosta vastaavat Modbus-protokollat olivat uutta, joten niitä tarkasteltiin työssä hieman tarkemmin. Järjestelmän prosessimitauksiin sekä toimilaitteiden, kuten venttiilien ja pumppujen, ohjaustoimintoihin ei syvennötty. Opinnäytetyössä haluttiin keskittyä automaatioprojektin sisäiseen liikenteeseen ja järjestelmän tilausten käsittelyn sanomaliikenteeseen. Tässä suhteessa opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin. Opinnäytetyötä voidaan käyttää myöhemmin esimerkiksi ohjeena autolastausjärjestelmään tutustumisessa. Lisäksi sitä voidaan hyödyntää muissa tiedonsiirtojärjestelmien mallintamisissa.

Projekti soveltui hyvin opinnäytetyöksi, sillä se antoi laajan käsityksen automaatioprojektin suunnittelusta. Työssä oli mielenkiintoista päästä näkemään, miten automaatioprojekti etenee vaiheittain. Tavoitteena oli päästä käymään Porin Tahkoluodossa opinnäytetyön aikana, mutta terminaalin valmistuminen kuitenkin viivästyi muutaman viikon. Työn kannalta olisi ollut rakentavaa päästä näkemään koko prosessin tapahtuman kulku, mutta aikataulullisista syistä tämä ei onnistunut.

## LÄHTEET

9 CD 2.0 s.a. Idesco. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://idesco.fi/fi/product/kirjoittava-rfid-lukija/> [viitattu 13.5.2018].

Anttila, A. 2000. TCP/IP-tekniikka. Helsinki: Helsinki Media.

Endress+Hauser Management AG s.a. Proline Promass 84F Coriolis flowmeter. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/Flow-measurement-product-overview/Product-Coriolis-flow-meter-Proline-Promass-84F> [viitattu 11.5.2018].

FEIG ELECTRONIC. 2016. RFID Card Reader for IP-based Access Control Systems ID CPR50.10-E (13.56 MHz). PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.feig.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Datenblaetter/Data\\_sheet\\_Identification\\_Stationary\\_Readers\\_ID\\_CPR50.pdf](https://www.feig.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Datenblaetter/Data_sheet_Identification_Stationary_Readers_ID_CPR50.pdf) [viitattu 13.5.2018].

Hakala, M. & Vainio, M. 2002. Tietoverkon rakentaminen. Jyväskylä: Docendo.

Korja, T. 2018. Ohjelmistosuunnittelija. Henkilökohtainen tiedonanto 9.5.2018. Ontec Oy.

Käyhty, E. 2018. Automaatioasiantuntija. Henkilökohtainen tiedonanto 5.2.–9.5.2018. Ontec Oy.

Lahiri, S. 2006. RFID Sourcebook. Upper Saddle River, NJ: IBM Press.

MIFARE® DESFire -tunnisteet s.a. Idesco. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://idesco.fi/fi/product/turvallinen-rfid-tunniste/> [viitattu 2.5.2018].

Mitä on RFID? s.a. RFID Lab Finland ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-teknologia/mita-on-rfid/> [viitattu 25.4.2018].

Modbus. 2006. MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_over\\_serial\\_line\\_V1\\_02.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf) [viitattu 1.4.2018].

Modbus. 2012. MODBUS Application Protocol Specification V1.1b3. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1b3.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf) [viitattu 29.3.2018].

Modbus s.a. Modbus FAQ. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.modbus.org/faq.php> [viitattu 27.3.2018].

Modbus-IDA. 2006. MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0b. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Messaging\\_Implementation\\_Guide\\_V1\\_0b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf) [viitattu 18.4.2018].

Ontec Oy. 2017a. OnatexMID. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ontec.fi/fi/tuotteet/oljy-ja-kaasu/onatexmid> [viitattu 8.3.2018].

Ontec Oy. 2017b. OnatexMID – Autolastaus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ontec.fi/attachments/article/92/1000\\_5\\_OnatexMID\\_FI.pdf](http://www.ontec.fi/attachments/article/92/1000_5_OnatexMID_FI.pdf) [viitattu 5.5.2018].

Ontec Oy. 2017c. Ontec RTA – Real Time Access. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ontec.fi/fi/tuotteet/lisapalvelut/ontecrta> [viitattu 7.3.2018].

Ontec Oy. 2017d. OntecCloud. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ontec.fi/fi/tuotteet/lisapalvelut/onteccloud> [viitattu 7.3.2018].

Ontec Oy. 2017e. Yhtiön internetsivut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ontec.fi/fi/> [viitattu 26.4.2018].

PI North America s.a. Profinet, Industrial Ethernet for advanced manufacturing. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://us.profinet.com/technology/profinet/> [viitattu 23.4.2018].

Pulli, H., Posti, A. & Tapaninen, U. 2009. TUKKE – Tuoteseuranta satamaisidonnaisessa kuljetusketjussa. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.merikotka.fi/tiedotteet/TUKKE.pdf> [viitattu 2.5.2018].

Pyykkö, T. 2012. SIMATIC NET PROFINET. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.siemens.fi/pool/cc/events/turvatekniikka2012/profinet.pdf> [viitattu 23.4.2018].

Raahen tekniikan ja talouden yksikkö. 2007. OSI-MALLI. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://heikki.pp.fi/Ratol/www.ratol.fi/opensource/lahiverkot/> [viitattu 19.4.2018].

RFID-teknologian soveltamisalueita s.a. RFID Lab Finland ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-teknologia/soveltamisalueet/> [viitattu 25.4.2018].

Siemens AG. 2013. SIMATIC S7-1500 plus TIA Portal. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat/s7\\_1500/s7-1500\\_brochure\\_en.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_1500/s7-1500_brochure_en.pdf) [viitattu 15.3.2018].

Siemens AG. 2015. Profinet. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen\\_tiedonsiirto\\_esim\\_profinet/profinet.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/profinet.htm) [viitattu 23.4.2018].

Siemens AG. 2016. Hajautettu I/O (ET 200). WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/hajautettu\\_io\\_et200.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/hajautettu_io_et200.php) [viitattu 19.3.2018].

Siemens AG. 2017a. Tehokasta automaatio-ohjelmointia S7-1500-logiikalla. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat\\_simatic/s7\\_1500.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1500.php) [viitattu 15.3.2018].

Siemens AG. 2017b. TIA Portal – teollisuusautomaation ohjelmistoalusta. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/tia\\_portal.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php) [viitattu 24.4.2018].

Tukes. 2017. Mittauslaitedirektiivi (MID) 2014/32/EU. WWW-dokumentti. Päivitetty 16.2.2017. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Mittauslaitteet/Muutokset-ja-kaytosta-poisto/Mittauslaitedirektiivi-MID/> [viitattu 8.3.2018].